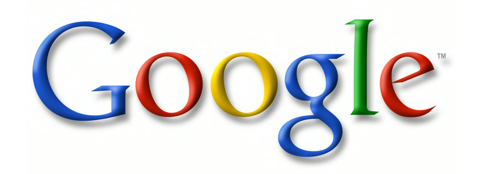
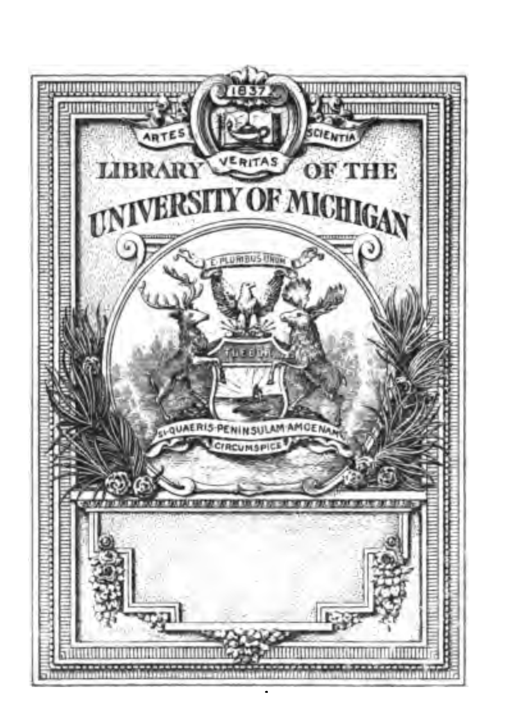



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1891.

Zehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.

Berlin.
Druck und Verlag von Georg Reimer.
1892.

Inhaltsverzeichniss*).

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 9. Januar 1891.** **Nr. 1.**
Ausgegeben am 7. Februar 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **O. Liebreich** sprach unter Vorführung zahlreicher Experimente

über hydraulische Versuche zur Erklärung des todten Raumes bei chemischen Reactionen.

Aus den früheren Untersuchungen über den todten Raum bei chemischen Reactionen*) hatte sich ergeben, dass derselbe in der Nähe der Oberfläche einer Flüssigkeit, und in der Nähe der festen Wand sich zeige. Die verschiedenen Formen desselben wurden in Kolben, Prismen, in den Menisken von Flüssigkeiten, welche durch Glaswände gehoben waren, ferner in der Umgebung von Luftblasen sowie in Capillaren beobachtet. In Röhren zeigte sich ein centraler Faden und in durch Kugeln unterbrochenen Glasröhren konnte die Reaction zuerst in dem Centrum der Kugel beobachtet werden. In Tropfen, welche sich zwischen Uhrgläsern befanden, die ihre convexen Seiten einander zukehrten, trat der todte Raum sowohl in der Nähe der Oberfläche als im Centrum ein.

Die Verschiedenheit der Formen, welche durch besondere Versuchsanordnungen hervorgerufen wurden, bot die Gelegenheit, den

*) Tageblatt der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Sitzungsberichte der königlich preuss. Akad. der Wissenschaften 1886, S. 959; Verhandl. d. physikalischen Gesellschaft zu Berlin 1886, Nr. 15; Sitzungsberichte d. königl. preuss. Akad. d. Wissenschaften 1889, S. 169; und Zeitschrift für physikalische Chemie Bd. 6, S. 529.

Charakter des todten Raumes kennen zu lernen; es dienten die Versuche ferner dazu, Verdampfung und Senkungserscheinungen als Ursache auszuschliessen, ebenso wurde in einigen Fällen durch Anwendung von Gefässen aus Bergkrystall die Alkalinität des Glases als etwaige Ursache der Erscheinung ausgeschlossen. Am Schluss dieser Abhandlung wurde durch Wachsschwimmer deren specifisches Gewicht, etwas kleiner als das des Wassers, demselben aber sehr nahe kam, der Widerstand der Flüssigkeitsoberfläche nachgewiesen, dieselbe Erscheinung konnte auch mit Hülfe von Glasschwimmern hervorgebracht werden*). Um für alle möglichen Flüssigkeiten diesen Nachweis führen zu können, wurde ein auf dem Princip des Cartesianischen Tauchers beruhender Apparat construirt. Es wurden Schwefelsäure, Natronlauge, Alkohol, Isobutylalkohol, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff etc. benutzt. Ueberall zeigte sich das Phänomen des Widerstandes der Flüssigkeitsoberfläche, die wie eine feste Wand wirkte. Um jedoch diese Erscheinungen an Oberflächen sichtbar zu machen, welche keine ausgedehnten horizontalen Theile besitzen, wurde ein Verfahren eingeschlagen, dem ein von Baco von Verulam und Galilei angegebener Diffusionsversuch zu Grunde liegt, nämlich durch Hähne abgesperrte Flüssigkeiten nach Oeffnung derselben in ihrem specifischen Gewicht sich ausgleichen zu lassen, wobei die Erhaltung des Niveaus bestehen bleibt. Um die zu schnelle Mischung der Flüssigkeiten durch Diffusion und Strömung zu verhindern, wurden solche mit grossen Coefficienten der inneren Reibung und geringer Differenz ihrer specifischen Gewichte benutzt. Es kamen zur Anwendung Glycerinlösungen, deren eine und zwar die leichtere durch Azorubin roth gefärbt war, ferner Zink- und Magnesialösungen, von denen die eine ein Eisenoxydsalz, die andre gelbes Blutlaugensalz enthielt, so dass die Grenzlinien beider Strömungen durch Bildung blauer Farben erkannt werden konnten. Mit diesen Lösungen wurde, und zwar die schwerere nach unten, ein vertical stehendes,

---

*) Vergl. über diesen und die folgenden Versuche: Dritte Abhandlung über den todten Raum bei chemischen Reactionen, Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1890, S. 1239.

oben geschlossenes Rohr gefüllt, indem durch eine kleine Hebevorrichtung die in einem Troge befindliche gefärbte Lösung der untern Oeffnung des Rohrs genähert wurde. Es stieg hier die gefärbte Flüssigkeit in einem regelmässigen centralen Faden auf, während die farblose Flüssigkeit an der Wand herabströmte. Bei genauem Arbeiten sammelt sich die farblose Flüssigkeit fast ungefärbt am Boden an. Ist das Rohr oben erweitert, so sieht man, wie der aufsteigende Strom sich etwa einen halben Millimeter unter der Oberfläche auszubreiten beginnt, dieselbe ganz allmählich erreicht und sich dann längs der gekrümmten Theile derselben, ohne sie jedoch zu berühren, hinaufzieht. Analoge Erscheinungen in gleicher Regelmässigkeit wurden bei verschiedenen Modificationen der Versuchsanordnung beobachtet. Die gefärbte Flüssigkeit befand sich in einem durch zwei Hähne geschlossenen Rohr, auf welches Prismen von verschiedenem Winkel aufgesetzt werden konnten. Es zeigte sich, dass die gefärbte Flüssigkeit mit verlangsamter Geschwindigkeit in den Winkel eintrat und von der Oberfläche entfernt blieb, und ebenso nicht den ganzen Winkel zwischen den Glaswänden ausfüllte, während das übrige Prisma schon vollständig mit der gefärbten Flüssigkeit gefüllt war. Wurde das Prisma so gestellt, dass in dem Kantenwinkel eine Luftblase abgesperrt werden konnte, so strömte die Flüssigkeit zwischen Luftblase und Wand. Noch deutlicher war die Erscheinung zwischen zwei plancylindrischen Gläsern. Hier blieb der engste Raum der gehobenen Flüssigkeitsmasse am längsten frei, ebenso der Raum unmittelbar an der freien Oberfläche. Ganz dieselben Resultate ergab ein Versuch, bei dem die plancylindrischen Gläser durch Glaslinsen ersetzt wurden.

Diese hydraulischen Versuche zeigen, dass eine feste Wand sowie die Flüssigkeitsoberfläche, welche ebenfalls als solche wirkt, infolge von Flüssigkeitsreibung der Bewegung einen grossen Widerstand darbietet. Diese Wirkung ist ganz derjenigen analog, welche die schwere Verschiebbarkeit der Theile einer Flüssigkeit in einem Capillarrohr veranlasst. Der todte Raum bei chemischen Reactionen zeichnet durch seine Form die Grenzen dieses vermehrten Widerstandes auf, oder wenigstens eine denselben parallele Linie. Die

hydraulischen Versuche zeigen in ihrer äusseren Form mit ersterem grosse Analogieen, und somit erscheint es mir keine gewagte Hypothese, dass beiden Erscheinungen dieselbe Ursache zu Grunde liegt. Ich nehme also an, dass auch die Beweglichkeit der chemischen Molecüle durch den Widerstand des Lösungsmittels verringert wird, und zwar gerade da, wo die Beweglichkeit der Theile des letzteren selbst geringer wird, und dass infolge dessen dort die chemische Reaction eine Verzögerung erleidet, die bei den uns zur Verfügung stehenden Beobachtungszeiten selbst einem gänzlichen Nichteintreten derselben scheinbar gleichkommen kann. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand hoffe ich folgen lassen zu können.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 23. Januar 1891.** Nr. 2.
Ausgegeben am 23. Februar 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr **R. Börnstein** sprach über

eine Beziehung zwischen dem Luftdruck und dem Stundenwinkel des Mondes.

Mit der nachfolgend dargestellten Untersuchung sollte ursprünglich ein Beitrag zur Beantwortung der Frage geliefert werden, ob es möglich sei, das Vorhandensein atmosphärischer Gezeiten im Gange des Luftdrucks an Beobachtungsorten mittlerer geographischer Breite zu erkennen. Wenn auch solche Bestrebungen schon mehrfach verfolgt wurden, und bisher kein Nachweis einer atmosphärischen Fluth und Ebbe gelungen ist, hielt ich es doch nicht für aussichtslos, bei einer erneuten Untersuchung das reiche Beobachtungsmaterial zu verwenden, welches neuerdings von den selbstregistrirenden Barographen geliefert wird, und dessen Bearbeitung eine grössere Sicherheit des (positiven oder negativen) Ergebnisses versprach, als die früheren auf erheblich geringerem Material beruhenden Forschungen aufweisen konnten.

Es lassen sich diese bisherigen Untersuchungen in drei Gruppen scheiden. Die Arbeiten der ersten Gruppen zeigen überhaupt keine deutlich ausgesprochene Beziehung zwischen Mondstunde und Barometerstand. Hierher gehören die Arbeiten von Kreil[1]) und von Eisenlohr[2]). Der Erstere benutzte gegen 8000 während eines

[1]) Kreil, Abh. d. Kgl. böhm. Ges. d. Wiss. (5) II, Abh. p. 33-43. 1841/42.

[2]) Eisenlohr, Pogg. Ann. LX, p. 161-212. 1843. Die Zahlenergebnisse

Jahres in Prag abgelesene Barometerstände und fand im Jahresdurchschnitt Zahlen für den Luftdruck der einzelnen Mondstunden, welche keine Gesetzmässigkeit erkennen lassen. EISENLOHR unterwarf 32144 Barometerablesungen, die in 22 Jahren zu Paris von BOUVARD gewonnen waren, der Berechnung und fand gleichfalls im Gesammtdurchschnitt Luftdruckwerthe für die Mondstunden, aus denen irgend eine allgemeine Beziehung nicht hervorgeht. Bemerkenswerth sind lediglich die Eintrittszeiten der Extreme (Maximum 4^p, Minimum 7^a Mondzeit), welche mit meinen unten folgenden Ergebnissen übereinstimmen, sowie die Aeusserung, es sei „eher eine einfache als eine doppelte Periode zu erkennen".

Eine zweite Gruppe von Arbeiten ergab während des Mondtages eine Doppelschwankung des Luftdrucks, deren Form sehr wohl vereinbar mit der Annahme ist, dass man es hier mit atmosphärischen Gezeiten zu thun habe. Es sind dies die Arbeiten von SABINE[1]), ELLIOTT[2]), NEUMAYER[3]) und BERGSMA[4]), welche sich auf stündliche (theilweise nur zweistündliche) Barometerablesungen in S. Helena, Singapore, Melbourne und Batavia gründen und Beobachtungsreihen von resp. $4\frac{1}{2}$, 5, 5 und 15 Jahren benutzten. Diesen Arbeiten gemeinsam ist die Lage des Beobachtungsortes am Meere sowie der Nachweis zweier Luftdruckmaxima, welche ungefähr mit den beiden Mondculminationen zusammenfallen, und zweier Minima in den Zwischenzeiten, entsprechend also dem zweimaligen Auftreten von Fluth und Ebbe während des Mondtages. Dennoch kann man an solche directe Wirkung des Mondes auf die Vertheilung der Luft hier nicht denken, weil die beobachteten Schwankungen dafür viel zu gross sind. Setzt man nämlich die Masse des Mondes gleich $\frac{1}{88}$ der Erdmasse, den mittlern Abstand des

---

dieser sowie der meisten hier citirten Arbeiten findet man in VAN BEBBER, Handbuch der ausübenden Witterungskunde, Stuttgart 1885, Bd. I, p. 119.

[1]) SABINE, Phil. Trans. London 1847, I, p. 45-50.

[2]) ELLIOTT, Phil. Trans. London 1852, I, p. 125-129.

[3]) NEUMAYER, Proc. Roy. Soc. London XV, p. 489-501. 1866/67; Referate Oest. ZS. f. Met. IV, p. 606-607, 1869 u. Naturf. I, p 192. 1868.

[4]) BERGSMA, Versl. en Mededeel. d. Kon. Akad. van Wetensch. Afdeel. Natuurk. (2) V, p. 7-16. Amsterdam 1871; Magnet. and Meteor. Obs. Batavia I, 1871; III, 1878; V, 1882; Referat Oest. ZS. f. Met. XV, 140-146. 1880.

Mondes von der Erde gleich 60⅓ Erdradien und den Erdradius gleich 6370 Kilometer, so ist unter dem im Zenith culminirenden Mond die Schwere um etwa ein Zehnmilliontel ihres Werthes kleiner, und die Niveauflächen an der Erdoberfläche liegen um etwa 0,6 m höher, als wenn der Mond im Horizont steht. Dem entspräche ein Unterschied im Luftdruck, der dem Gewicht einer Luftschicht von 0,6 m Dicke am Boden gleichkäme und daher etwa 0,06 mm Quecksilberdruck betrüge, wenn die Luft in reibungsloser und unverzögerter Bewegung dem Mond derartig folgen könnte, dass ihre Vertheilung in jedem Augenblick den jeweiligen Niveauflächen entspräche. Weil aber weder die Luft frei von Bewegungshindernissen ist, noch der Mond stets im Zenith und Nadir culminirt, so müssen die atmosphärische Fluth und Ebbe einen noch viel geringern Höhenunterschied haben, als 0,06 mm. Die vorerwähnten, auf Insel- und Küstenstationen angestellten Beobachtungen zeigen aber Schwankungen, deren Beträge zwischen 0,07 und 0,2 mm liegen, und also muss ihr Ursprung ein anderer sein. Es liegt nahe, denselben in einer von Laplace[1]) vermutheten Einwirkung des Meeres zu suchen, insofern die in den Meeresgezeiten auftretenden periodischen Hebungen und Senkungen des Oceans als der beweglichen Basis der Atmosphäre einen merkbaren Einfluss auf den Gang des Luftdrucks in dem Sinne ausüben können, wie es jene Beobachtungen anzeigen. Eine Beziehung der Barometerschwankungen zur Hafenzeit der Beobachtungsorte sucht man freilich vergebens; da aber die Hafenzeit von der Küstenform und der Lage der Beobachtungsstation bedingt wird, während die über dem Meer entstehende Druckschwankung hiervon kaum abhängen dürfte, so kann die Unabhängigkeit des Barometerganges von der Hafenzeit nicht auffällig erscheinen. Und auch in der zweiten Gruppe der Untersuchungen über die Mondwirkung ist demnach keine directe Beziehung zwischen Mondstunde und Luftdruck nachgewiesen.

Die der dritten Gruppe angehörigen Arbeiten hatten ursprünglich den Zweck, über eine etwaige Beziehung zwischen Mondphase und

[1]) Laplace, Traité de Mécanique céleste V, p. 163. 1825; Ann. d. chim. (2) XXIV, p. 281. 1823; Pogg. Ann. XIII, p. 138, 1828.

Luftdruck Auskunft zu geben. Von den vielen in diesem Sinne unternommenen Untersuchungen kann man diejenigen aussondern, welchen Barometerablesungen zu Grunde liegen, die einmal täglich zu gleichbleibender Stunde unternommen wurden. Der nach Sonnenzeit unveränderte Ablesetermin rückte während einer Lunation durch sämmtliche Mondstunden hindurch, und es musste, wenn man für die einzelnen Phasen die Mittelwerthe aus vielen Lunationen berechnete, jeder derselben zugleich auch für diejenige Mondstunde gelten, auf welche die Ablesestunde zur Zeit der betreffenden Phase fiel. In solcher Weise kann man die Zahlen deuten, welche angegeben werden von FLAUGERGUES[1]) für Viviers (6939 Ablesungen in 19 Jahren), von BOUSSINGAULT[2]) für Santa Fé de Bogota (365 Beobachtungen in 1 Jahre) und von MÄDLER[3]) für Berlin (etwa 5400 Ablesungen in 15 Jahren). Die Ergebnisse sammt den zugehörigen Mondstunden sind in der folgenden Tabelle als Abweichungen des Luftdrucks vom Mittelwerth zusammengestellt.

Mondstunde.	Viviers.	S. Fé de Bogota.	Berlin.
Ob. Culmination	—0.05 mm		**+0.40** mm
3^p	+ .04	**+0.23** mm	
6^p	+ **.88**		+ .01
9^p	+ .26	+ .03	
Unt. Culmination	— .11		— *.25**
3^a	— *.79**	— *.37**	
6^a	— .07		— .16
9^a	— .07	+ .12	

Diese Zahlen enthalten keine Spur einer Doppelschwankung, wie sie dem Auftreten von Fluth und Ebbe entsprechen müsste; dagegen ist eine einmalige Schwankung deutlich erkennbar, freilich von einem Betrage, der höher ist, als in denjenigen Zahlen, welche ich als Ergebnisse meiner Untersuchung nunmehr folgen lasse.

Ich benutzte die Angaben der Registrirapparate zu Berlin (landwirthschaftliche Hochschule), Hamburg (Seewarte), Wien (Hohe Warte) und Keitum auf Sylt (Station der Seewarte). An den drei

[1]) FLAUGERGUES, Bibl. univ. Genève XXXVI, p. 264-269. 1827; Auszug POGG. Ann. XII, p. 308-315. 1828.

[2]) BOUSSINGAULT, s. BEER u. MÄDLER, Der Mond. Berlin, Simon Schropp. 1837, p. 161.

[3]) MÄDLER, ebenda p. 154-168.

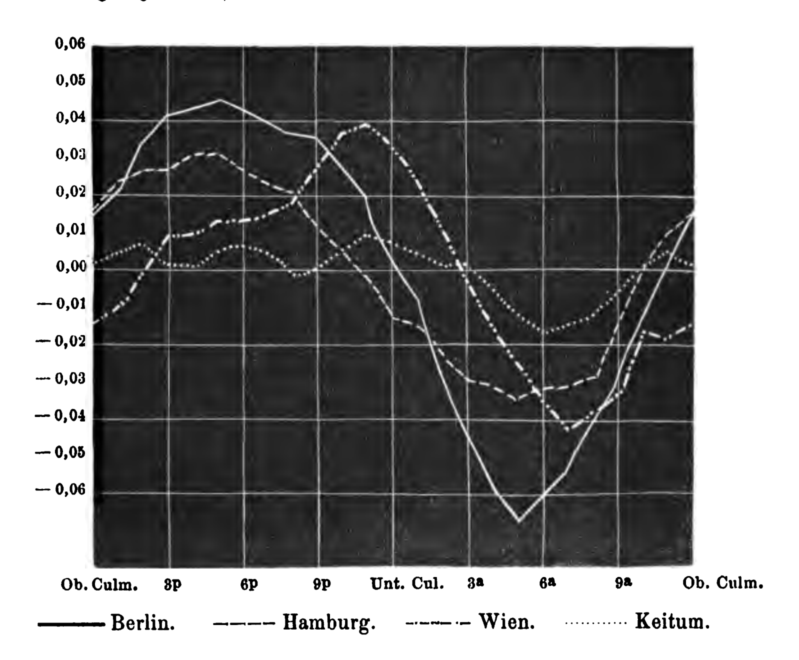
erstgenannten Orten befinden sich Barographen des Systems Sprung-Fuess, in Keitum ein älterer Gewichtsbarograph von Fuess. Aus den von diesen Apparaten angegebenen Luftdruckwerthen aller vollen Stunden (nach Sonnenzeit) berechnete ich durch geradlinige Interpolation die Werthe, welche den Zeitpunkten der vollen Mondstunden entsprachen, nachdem ich diese durch Eintheilung der zwischen je zwei oberen Mondculminationen liegenden Zeit in 24 gleiche Theile gewonnen hatte. Solche Einzelwerthe des Luftdrucks wurden für Berlin, Hamburg und Wien je 42432 aus den 5 Jahren 1884 bis 1888, für Keitum 84912 aus den 10 Jahren 1878 bis 1887 berechnet, und diese zu Mittelwerthen für jede Mondstunde vereinigt. Bei dieser Berechnung verschwand aus den Ergebnissen die Wirkung des täglichen Barometerganges, weil eine jede Mondstunde während jeder Lunation nacheinander auf 28 (resp. 29) verschiedene äquidistante Zeitpunkte des Sonnentages fiel, und also bei der Mittelbildung für die einzelne Mondstunde die Luftdruckwerthe aller Sonnenstunden vereinigt und gegen einander ausgeglichen wurden. Die folgende Tabelle enthält die Gesammtmittel der Rechnung für die vier genannten Beobachtungsorte, dargestellt durch Abweichungen des Luftdrucks vom Mittelwerth. In der Figur sind dieselben Zahlen graphisch zur Anschauung gebracht. Dabei ist jedes Ausgleichen, Mittelziehen oder sonstiges Vereinigen benachbarter Zahlen unterblieben, und ausschliesslich die wirklich berechneten Mittelwerthe ohne jeden Versuch eines Ausgleichs wurden zur Darstellung benutzt.

Mondstunde.	**Berlin**	**Hamburg**	**Wien**	**Keitum**
Ob. Culmin.	+0.0146 mm	+0.0158 mm	−0.0142 mm	+0.0009 mm
1^p	+ .0217	+ .0237	− .0107	+ .0047
2^p	+ .0342	+ .0262	− .0003	+ .0066
3^p	+ .0416	+ .0272	+ .0084	+ .0016
4^p	+ .0430	+ **.0311**	+ .0097	+ .0004
5^p	+ **.0452**	+ .0307	+ .0135	+ .0052
6^p	+ .0431	+ .0266	+ .0132	+ .0063
7^p	+ .0401	+ .0227	+ .0154	+ .0046
8^p	+ .0366	+ .0206	+ .0179	− .0007
9^p	+ .0350	+ .0116	+ .0278	+ .0031
10^p	+ .0262	+ .0050	+ .0373	+ .0055
11^p	+ .0181	− .0018	+ **.0394**	+ **.0097**

Mondstunde.	**Berlin**	**Hamburg**	**Wien**	**Keitum**
Unt. Culm.	+ .0096	— .0136	+ .0332	+ .0076
1ᵃ	— .0085	— .0150	+ .0233	+ .0041
2ᵃ	— .0315	— .0223	+ .0108	+ .0012
3ᵃ	— .0447	— .0295	— .0022	+ .0008
4ᵃ	— .0582	— .0310	— .0152	— .0051
5ᵃ	— *.0675**	— *.0342**	— .0245	— .0119
6ᵃ	— .0604	— .0311	— .0342	— *.0164**
7ᵃ	— .0530	— .0312	— *.0421**	— .0145
8ᵃ	— .0403	— .0290	— .0384	— .0121
9ᵃ	— .0300	— .0141	— .0323	— .0068
10ᵃ	— .0138	+ .0013	— .0166	+ .0011
11ᵃ	+ .0014	+ .0101	— .0181	+ .0043

Man erkennt in den Angaben für Berlin, Hamburg und Wien ganz deutlich das Vorhandensein einer während des Mondtages stattfindenden einmaligen Schwankung des Luftdrucks; in Keitum gleicht die zweite Hälfte der Curve (von der untern zur obern Mondculmination) den drei anderen Darstellungen, während in der ersten Hälfte das in den anderen Curven erkennbare Maximum nur angedeutet und zwischen zwei secundäre Minima eingeschlossen erscheint. Da die Beobachtungsstation Keitum auf dem zum Lande gerichteten Ufer der Insel Sylt am Wattenmeer liegt, so wird eine erhebliche Wirkung der Meeresgezeiten auf den dortigen Luftdruck nicht erwartet werden dürfen. Will man sie aber als möglich ansehen, so könnte allerdings die für Keitum gezeichnete Luftdruckcurve durch Uebereinanderlegung zweier Curven gedeutet werden, deren eine die einmalige Schwankung wie in Berlin, Hamburg und Wien darstellt (Maximum 5—6^p, Minimum 6^a), während die andere den Meeresgezeiten entspricht und zweimalige Schwankung enthält, wie z. B. in Batavia (Maxima mit oder bald nach den beiden Culminationen, Minima etwa 6^a und 6^p). Beiden gemeinsam würde das Hauptminimum der Curve von Keitum (6^a) sein; für die erste Hälfte der Curve fiele das Maximum der einfachen mit einem Minimum der Doppelschwankung zusammen, und man müsste das erstere höher und namentlich steiler als das Minimum denken, um die vorhandene Curve damit in Einklang zu bringen. Indessen dürften solche Betrachtungen ihren hypothetischen Charakter erst durch

Untersuchung einer sehr viel längern Beobachtungsreihe, als hier zur Verfügung stand, verlieren.



Die erlangten Zahlen für den mondtäglichen Gang des Luftdrucks können durch Functionen derjenigen Art dargestellt werden, wie sie HANN[1]) in Betreff des sonnentäglichen Ganges verwendet hat. Ist nämlich y die Abweichung des Luftdrucks vom Mittel, x der Stundenwinkel des Mondes (resp. der Sonne), so kann man Constanten a und A berechnen, welche der Gleichung genügen:

$$y = a_1 \sin(A_1 + x) + a_2 \sin(A_2 + 2x) + a_3 \sin(A_3 + 3x) + a_4 \sin(A_4 + 4x).$$

Darin gilt für obere Culmination der Werth $x = 0$, und die vier Glieder der rechten Seite bedeuten resp. eine ein-, zwei-, drei-, viermalige Schwankung des Luftdrucks während derjenigen Zeit (Mond- resp. Sonnentag), in welcher x von 0 bis 360° wächst; die Grössen a sind die Amplituden dieser übereinandergelagerten Schwankungen; durch die A wird die Eintrittszeit ihrer einzelnen Phasen

[1]) HANN, Denkschr. d. Akad. d. W. zu Wien, math.-phys. Cl. LV, 1889.

bestimmt. In der folgenden Tabelle sind einige derartige Constanten zusammengestellt; die Mondconstanten für Batavia habe ich von Bergsma (s. o.), die Sonnenconstanten für Batavia und Wien von Hann entnommen, die übrigen Zahlen aus meinem vorerwähnten Untersuchungsmaterial hergeleitet. Berechnet man aus diesen Formeln die 24 Stundenwerthe des Luftdrucks, so ergiebt deren Abweichung von den Beobachtungen einen mittlern Fehler, der 0,0003 mm für keine der von mir berechneten Formeln überschreitet. Man sieht, dass bei den Sonnenconstanten die der zweimaligen Schwankung a_2 und A_2 sich durch grosse Amplitude und gute Uebereinstimmung auszeichnen (wie durch Hann schon bekannt), während in den Mondconstanten überall ausser in Batavia die einmalige Schwankung durch ihre Grösse überwiegt.

Mond.

$x = 0$ für obere Culmination.

	Berlin	Hamburg	Wien	Keitum	Batavia
a_1	0.05275 mm	0.0325 mm	0.0319 mm	0.0074 mm	0.0071 mm
a_2	.00997	.0035	.0110	.0058	.0596
a_3	.00301	.0022	.0026	.0022	
a_4	.00038	.0012	.0038	.0012	
A_1	6° 22′	22° 0′	318° 11′	346° 23′	315° 51′
A_2	105 44	78 12	81 2	78 23	65 49
A_3	263 34	117 18	261 4	171 9	
A_4	38 33	161 7	189 52	162 7	

Sonne.

$x = 0$ für obere Culmination.

	Berlin	Hamburg	Wien	Keitum	Batavia
a_1	0.133 mm	0.029 mm	0.218 mm	0.132 mm	0.620 mm
a_2	.231	.207	.306	.156	.950
a_3	.035	.024	.030	.024	.040
a_4	.012	.009		.010	
A_1	164° 50′	211° 35′	179° 36′	355° 57′	105° 18′
A_2	140 2	137 38	141 24	120 10	159 54
A_3	165 14	169 2	201 12	177 55	193 42
A_4	223 32	257 0		253 50	

Als Ergebniss der vorstehenden Untersuchung dürfte anzusehen sein:

1. Für das Vorhandensein atmosphärischer Gezeiten ist ein Nachweis aus dem Gange des Luftdrucks nicht herzuleiten.

2. Der Luftdruck zeigt während des Mondtages eine einmalige Schwankung, deren Dasein in Berlin, Hamburg und Wien aus fünfjährigen Beobachtungen sicher hervorgeht; die zehnjährige Beobachtungsreihe von Keitum enthält eine Andeutung der nämlichen Schwankung und ausserdem andere Wirkungen, zu deren Erkennung eine noch längere Beobachtungsreihe erforderlich scheint. Es dürfte nicht völlig ausgeschlossen sein, dass diese letzteren Wirkungen auf Meeresgezeiten zurückzuführen sind.

Hr. **D. Kreichgauer** machte dann eine Mittheilung betreffend

Einige Versuche über die Schwere.

Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Kräften hat sich, besonders durch die Entwicklung der Elektricitätslehre, bedeutend vielseitiger erwiesen, als man früher angenommen hatte. Fast jede Kraft ist entweder direkt, wie elektrische Kraft und Licht, oder mittelst der mit „Masse“ bezeichneten Kräftekombination, in fast jede andere in dem Vorgang der Arbeit umsetzbar. Am meisten fällt das in der Chemie in die Augen. Wir sehen, wie eine chemische Verbindung sich im allgemeinen zu irgend einer Kraft ganz verschieden verhält, wie die darin enthaltenen Grundstoffe. Nur zwei Kräfte machen eine Ausnahme, die Schwere und die Masse. Da hierüber ausschliesslich das Experiment entscheiden kann, so wurde schon oft und mit verschiedenen Mitteln eine Beziehung derselben zu den Affinitätskräften gesucht, aber vergebens. Die bekanntesten derartigen Versuche sind die von Newton, welche später mit viel vollkommeneren Mitteln und Methoden durch Bessel wiederholt wurden. Dieser fand, dass wenigstens bis auf $^1/_{100\,000}$ das Verhältniss der Masse eines Körpers zu seiner Anziehung durch die Erde konstant ist, unabhängig von der chemischen Natur desselben. Masse und Anziehung könnten sich nun in der Nähe dieser genannten Grenze proportional ändern, oder sie könnten unterhalb jener Grenze von einander unabhängig durch chemische

Kräfte beeinflusst werden,' was gar nicht unwahrscheinlich ist, wenn man den neueren Hypothesen einiges Gewicht beilegt, nach denen die verschiedenen Körper nur ebensoviele verschiedene Bewegungsformen des einen Aethers darstellen. Von den beiden übrigen Wegen der Untersuchung ist der eine hauptsächlich von LAVOISIER eingeschlagen worden; ich hatte mir vor 6 Jahren die Aufgabe gestellt, den von LAVOISIER angestellten analoge Versuche wieder aufzunehmen.

Bei den ersten Versuchen befanden sich in zwei ziemlich gleichen zugeschmolzenen Glasgefässen ungefähr gleiche Mengen von essigsaurem Natrium in flüssigem (überkältetem) Zustande. Nach Vergleichung der beiden Gewichte auf einer guten OERTLING'schen Waage im Laboratorium des Hrn. Prof. PERNET, wurde in einem der Glasgefässe das Salz krystallisirt und dann wieder das Gewicht der beiden nach der von Hrn. Dr. THIESEN zur Vergleichung der internationalen Kilogramm-Prototype angegebenen Methode verglichen, und unter Berücksichtigung aller dort angebrachten Korrektionen reducirt. Auf Veranlassung des Hrn. Professor PRYM in Würzburg nahm ich später noch Hg und Br, und Hg und J. Diese Stoffe waren bei der ersten Messungsreihe getrennt, dann wurde in einem der zugeschmolzenen Gefässe A und B die chemische Verbindung veranlasst und wieder gewogen. Die Resultate sind in den folgenden Zahlen enthalten.

I. Quecksilber und Brom (ca. 160 g.)

Diff. der Vol. $A-B = 7{,}624\ \text{cm}^3$
Diff. der Gew. $A-B = 9{,}313$ mg
322
295
9,310 mg Mittel.

In A wird Hg und Br vereinigt.
Gewicht $A-B = 9{,}303$ mg
9,324
9,313 mg Mittel.

Volumen $A—B$ = 7,626 cm³
Gewicht $A—B$ = 9,352 mg
341
346
338

9,344 mg Mittel.

In B wird die Verbindung veranlasst.

Gewicht $A—B$ = 9,346 mg
318
336
343

9,336 mg Mittel.

Volumen $A—B$ = 7,604 cm³

II. Essigsaures Natron. (ca. 300 g).

Volumen $A—B$ = —2,687 cm³
Gewicht $A—B$ = —2,907 mg
—2,894
—2,889

—2,897 mg Mittel.

Das Salz wird im Gefäss A krystallisirt.

Gewicht $A—B$ = —2,908 mg
—2,899

—2,903 mg Mittel

Volumen $A—B$ = —2,697 cm³

III. Quecksilber und Jod. (ca. 170 g).

Volumen $A—B$ = 1,198 cm³
Gewicht $A—B$ = 1,477 mg
1,464
1,468

1,470

In B werden Hg und J gemischt.

Gewicht $A—B$ = 1,466 mg
1,475

B wird im Luftbad auf etwa 100° erwärmt.

Gewicht A—B = 1,462 mg
1,455
1,470

B wird wieder im Luftbad auf 100° erwärmt.

1,473 mg
[1,510]

Nach Abwischen beider Gefässe mit einem trockenen Tuch

1,470 mg

1,466 mg Mittel.

Man kann aus den Versuchen schliessen, dass bei den verwendeten Körpern eine Aenderung der Anziehung durch die Erde in Folge chemischer Kräfte unterhalb $^1/_{20\,000\,000}$ der ganzen Anziehung bleiben müsste.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. Sitzung vom 6. Februar 1891. Nr. 3.
Ausgegeben am 25. März 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **H. Rubens** sprach nach gemeinsam mit Hrn. **L. Arons** angestellten Versuchen

über die die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Schwingungen in isolirenden Flüssigkeiten.

Eine ausführliche Darlegung des Inhaltes dieses Vortrags erscheint in WIEDEMANN's Annalen.

Geschenke.

F. M. STAPFF. Les eaux du Tunnel du St. Gothard. Edité par l'auteur. 1891.

D. COLLADON. Sur la transmission des sons dans l'eau 1841. (Neudruck, Genève, imprimerie Charles Schuchardt 1887). [Geschenk des Hrn. F. M. STAPFF.]

F. R. HELMERT. Die Schwerkraft im Hochgebirge, insbesondere in den Tyroler Alpen in geodätischer und geologischer Beziehung. Veröffentlichung des Königl. Preuss. Geodätischen Instituts und Centralbureaus der internationalen Erdmessung. Berlin, P. Stankiewicz 1890.

E. RIECKE. Das thermische Potential für verdünnte Lösungen. S.-A. Göttinger Nachrichten. 10. Dec. 1890, Nr. 14.

E. RIECKE. Ueber elektrische Ladung durch gleitende Reibung. S.-A. Göttinger Nachr. 10. Dec. 1890, Nr. 14.

F. ERK und S. FINSTERWALDER. Die Fahrt des Ballon „Herder" am

10. Juli 1889. S.-A. Jahresbericht des Münchener Vereins für Luftschifffahrt. 1890.

E. Riecke. Molekulartheorie der Diffusion und Elektrolyse. S.-A. ZS. f. physik. Chemie, Bd. VI, Heft 6. Leipzig 1890.

G. und H. Krüss. Kolorimetrie und quantitative Spectralanalyse. Hamburg und Leipzig. L. Voss. 1891.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 20. Februar 1891.** **Nr. 4.**
Ausgegeben am 25. März 1891.

Vorsitzender: Hr. H. von Helmholtz.

Hr. **K. Feussner** sprach über

ein empfindliches Galvanometer mit abnehmbarer Dämpfung.

Vor etwa Jahresfrist wurde in der physikalischen Gesellschaft von anderer Seite darauf hingewiesen, dass das Thomson'sche astatische Galvanometer den in Deutschland fabricirten Instrumenten dieser Art, speciell auch demjenigen von Siemens und Halske an Empfindlichkeit erheblich überlegen sei. Im electrotechnischen Laboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ist ein Siemens'sches und ein Thomson'sches astatisches Galvanometer im Gebrauche. Beide haben einen Widerstand von nahe 6000 Ohm bei Hintereinanderschaltung aller Rollen. Das Siemens'sche Instrument giebt dabei, wenn die Directionskraft durch die Richtmagnete so weit abgeschwächt ist, dass die Magnete sich nahezu aperiodisch einstellen, durch einen Strom 26.10^{-10} A. bei 1 m Scalenabstand einen Ausschlag von 1 mm; — das Thomson'sche unter denselben Bedingungen den gleichen Ausschlag durch etwa $5{,}2.10^{-10}$ A. Die Empfindlichkeiten verhalten sich also wie 1 : 5.

Das kleine Galvanometer, welches ich Ihnen hier vorzuführen beabsichtige, kommt trotz seiner einfachen Einrichtung in seiner Empfindlichkeit dem Thomson'schen ungefähr gleich. Weil es nur eine Wicklung mit dickerem Drahte besitzt, will ich es zunächst

mit dem SIEMENS'schen vergleichen, welchem ausser den erwähnten Rollen von 6000 Ohm Widerstand noch ein mit dickem Draht bewickelter Satz Rollen beigegeben ist. Während die ersteren Rollen im Ganzen 30000 Windungen besitzen, haben die mit dickem Draht bewickelten deren nur 2000. Durch diesen muss man einen Strom von 650.10^{-10} A. schicken, um 1 mm Ausschlag zu erhalten. Die Empfindlichkeiten verhalten sich also wie die Windungszahlen, wie das ja auch nicht anders zu erwarten war. Das kleine Galvanometer giebt mit 1000 Windungen 1 mm Ausschlag durch einen Strom von nur 200.10^{-10} A., zeigt also eine etwa 6mal so grosse Empfindlickeit als das SIEMENS'sche Galvanometer. Die Astasirung war bei dieser Bestimmung mittelst zweier Richtmagnete so weit geführt, dass die Bewegungen nahezu aperiodisch erfolgten. Da die Dämpfung aber nicht ganz so gross, als bei dem SIEMENS'schen ist, macht es langsamere Schwingung, arbeitet also mit geringerer Richtkraft. In diesem Umstande ist zum Theil die grössere Empfindlichkeit dieses Instruments und ebenso auch die des THOMSON'schen begründet. Da nun eine starke Dämpfung im allgemeinen als ein Vorzug anzusehen ist, so erkennt man auch, das die Leistung und Güte eines Galvanometers nicht einfach nach der Empfindlichkeit abgeschätzt werden darf.

Die vorstehenden Angaben über die Empfindlichkeit habe ich angeführt, um zu zeigen, dass man sich ganz leicht auch von einem auf den Gegenstand nicht speciell eingearbeiteten hiesigen Mechaniker ein Galvanometer herstellen lassen kann, welches dem THOMSON'schen an Empfindlichkeit gleichkommt. Das hier vorgezeigte Instrument hat ein Laboratoriumsmechaniker der Reichsanstalt nach meinen Angaben angefertigt.

Besonders wollte ich Ihnen an diesem Instrument eine Einrichtung vorführen, welche erlaubt ein astatisches und stark gedämpftes Galvanometer durch einen einfachen Handgriff in ein ballistisches Galvanometer umzuwandeln.

Das Instrument besitzt nur ein paar Multiplikatorrollen. In der Mitte derselben schwingt der obere Magnet des astatischen Systems; der untere befindet sich in der 10 mm weiten verticalen Bohrung eines kupfernen Dämpfungscylinders. Dieser wird durch

eine von unten mit Bajonnetverschluss angesetzte Hartgummibüchse gehalten und kann mit derselben leicht von dem Instrumente abgezogen werden. Da das Gerüst der Multiplikatorrollen ganz aus Hartgummi besteht, stellt das Instrument nach Fortnahme des Dämpfungscylinders ein metallfreies ballistisches Galvanometer dar.

Ueber die zweckmässigste Form der Magnete wurden verschiedene Versuche angestellt. Zuerst probirte ich ein Magnetsystem, welches dem von Herrn Dr. Bruger angegebenen (siehe Centralblatt für Elekt. 1889, II, Seite 181) ähnlich ist und aus zwei oben und unten durch kurze Messingstege verbundenen, parallelen Magnetstäben besteht. Es zeigte sich jedoch, dass dieses System eine sehr veränderliche Ruhelage besitzt. Schon ein Strom, welcher einen nicht über die Skale hinausgehenden Ausschlag erzeugt, genügt, um die Ruhelage um mehrere Skalentheile zu verschieben. Quermagnetisirungen am Ende der Stäbe sind offenbar die Ursache dieser Erscheinung. Sodann wurden zwei Systeme probirt, welche man am einfachsten als zwei mit dem geschlossenen Ende verbundene Glockenmagnete bezeichnen kann. Das eine derselben war aus einem einzigen Stahlstück hergestellt, das andere konnte in der Mitte auseinander geschraubt werden. Bei der Magnetisirung des ersteren zeigten sich Schwierigkeiten, indem der dem einen Ende mitgetheilte Magnetismus bei einer nachfolgenden Magnetisirung des anderen Endes ganz oder zum grössten Theile zerstört wurde. Man hätte eine besondere Vorrichtung für gleichzeitige Magnetisirung des ganzen Systems herrichten müssen, um dasselbe genügend astatisch zu erhalten. Bei der zweiten Anordnung fiel diese Schwierigkeit fort, aber die Empfindlichkeit, welche mit diesem Doppel-Glockenmagnet erreicht wurde, befriedigte nicht sehr. Daher versuchte ich weiter ein System, welches dem in den Thomson'schen Galvanometern angewandten ähnlich ist; es ist nur erheblich schwerer als jenes und aus einem Stück hergestellt, um einen grösseren Spiegel und eine stärkere Verbindungsstange anwenden zu können. Jeder Magnet besteht aus einem 2 mm dicken, 7,5 mm breiten und 10 mm hohen Stahlblättchen, welches noch von der Seite her mit verschiedenen, nahe bis zur Mitte gehenden Einschnitten versehen

ist. Die Empfindlichkeit des Galvanometers war mit diesem System erheblich grösser als mit den früheren; am besten zeigte sie sich jedoch bei einem fünften System, dessen Magnete eine meines Wissens seither noch nicht angewandte Form besitzen. In der Mitte, dicht bei der Drehungsaxe stellen dieselben runde Röhrchen von 2 bis 3 mm äusseren Durchmesser dar und erweitern sich von da an nach beiden Seiten trichterförmig mit einem Oeffnungswinkel von etwa 75°. Die Wanddicke nimmt von der Mitte nach aussen zu proportional der Erweiterung des Trichters ab, sodass alle senkrecht zur magnetischen Axe geführten Schnitte ungefähr denselben Flächeninhalt besitzen. Der äussere Rand des Magnets, welcher die Polflächen darstellt, liegt auf einer mit der Drehungsaxe concentrischen Cylinderfläche. Man sieht leicht, dass bei dieser Form wegen der weiten Zertheilung der Polfläche der magnetische Widerstand des äusseren Raumes auf einen möglichst kleinen Betrag zurückgeführt ist, sodass die Pole einen im Verhältniss zu ihrer Fläche sehr grossen permanenten Magnetismus aufzunehmen vermögen, sowie auch, dass dieselben den Windungen des Multiplicators und dem Dämpfer möglichst nahe gebracht sind. Auf dieses letzte Magnetsystem beziehen sich die oben angegebenen Zahlen für die Empfindlichkeit des Instruments.

Ein Paar gekreuzter Richtmagnete zur Regulirung der Astasirung des Instruments befinden sich auf einen besonderen Untersatz. Zugleich mit der drehbaren Grundplatte können sie gemeinsam in gleicher Richtung bewegt werden, während die gleichzeitige Drehung in entgegengesetztem Sinn durch eine seitlich auf der Grundplatte angebrachte Rolle vermittelt wird. Von dieser geht ein gerader und ein gekreuzter Schnurlauf um die beiden in der Mitte der Grundplatte dicht über einander drehbar befestigten Hartgummischeiben, in welche die dünnen Richtmagnete eingelassen sind.

Hr. **H. Rubens** berichtete darauf, auf Grund von gemeinsam mit Hrn. **E. Hirsch** angestellten Untersuchungen,

Ueber ein neues Elektrodynamometer.

Im XXIII. Band der WIED. Ann. hat Hr. ROSENTHAL über ein von ihm construirtes Galvanometer berichtet. Die grosse Empfindlichkeit seines Instruments beruhte darauf, dass die Pole eines S-förmig gekrümmten Magneten in zwei kleine Drahtrollen hineingezogen wurden. Die kleinen Solenoide hatten einen Gesammtwiderstand von 80 Ohm.

Die ganze constructive Eigenart dieses Galvanometers legt den Gedanken nahe, es in ein Dynamometer umzuwandeln. Zu diesem Zweck wurde die Magnetnadel durch ein Bündel dünner weicher Eisendrähte ersetzt, die, durch feinen Messingdraht zusammengehalten, sich in der S-förmigen Gestalt der Galvanometernadel anschlossen. Die Richtkraft wurde durch ein am Spiegel befestigtes astatisches Nadelpaar ausgeübt, während die Dämpfung wie in dem Galvanometer durch ein paar Glimmerflügel bewirkt wurde.

Mit constantem Strom geaicht, zeigte das so entstandene Dynamometer eine Constante, die mit der eines FRÖHLICH'schen von ca. 5fachem Widerstand übereinstimmte. Für Telephonströme erwies es sich in Folge seines geringeren Widerstandes ausserordentlich empfindlich. Verband man es mit einem SIEMENS'schen Mikrophon, so erhielt man selbst bei einem Abstand von 6 m zwischen Schallquelle und Membran noch beträchtliche Ausschläge.

Hr. **W. Wolff** zeigte dann

eine farbige Daguerrotypie

vor, über deren Herstellungsart nichts Bestimmtes zu ermitteln war.

Geschenke.

E. Schwan und E. Pringsheim. Der französische Accent, eine phonetische Untersuchung. S.-A. Archiv für das Studium der neueren Sprachen und Litteratur. 1890.

K. Exner. Ueber die Scintillation. Prag, Wien u. Leipzig. F. Tempsky und G. Freytag.

Galileo Galilei. Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Erster und zweiter Tag. Leipzig, W. Engelmann (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 11).

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 6. März 1891.** Nr. 5.
Ausgegeben am 15. Juni 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **A. Kundt** sprach:

Ueber die objective Darstellung von Schwingungscurven von Saiten und anderen Instrumenten.

Der Vortrag war von zahlreichen Demonstrationen begleitet.

Hr. **Friedländer** (a. G.) trug darauf vor:

Ueber Photographien von elektrischen Entladungsfiguren.

Die Photographien wurden projicirt.

Geschenke.

D. W. BAKER. History of the Harvard College Observatory during the period 1840-1890. (Reprinted from the Boston Evening Traveller). Cambridge 1890.

F. NEESEN. Die Blitzgefahr. No. 2. Einfluss der Gas- und Wasserleitung auf die Blitzgefahr. Herausgegeben im Auftrage des Elektr.-Techn. Vereins. 2. Abdr. Berlin J. Springer und München R. Oldenbourg. (2 Expl.)

F. E. NIPHER. The State Weather Service.

F. E. Nipher. Electrical Industries in St. Louis. S.-A. Journ. of the Association of Engineering Societies.

C. Dieterici. Calorimetrische Untersuchungen. S.-A. Wied. Ann. Bd. XLIII, 1891.

Arbeiten des geographischen Institutes der k. k. Universität Wien. Mit einem Vorwort von Albrecht Penck. (Geographische Abhandlungen herausgeg. von A. Penck in Wien. Bd. V, H. 1) Wien und Olmütz. E. Hölzel 1891.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. | **Sitzung vom 10. April 1891.** Ausgegeben am 15. Juni 1891. | **Nr. 6.**

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **O. Dziobek** (a. G.) sprach über:

Die zweiten Differentialquotienten des Potentials der Schwere und die Möglichkeit ihrer experimentellen Bestimmung.

Richtung und Grösse der Schwere an einem Orte der Erde sind sicher für sehr lange Zeiten nur wenig veränderlich und demnach von der Zeit unabhängige und bekanntlich aus dem Potential abgeleitete Funktionen des Ortes. Dieses Potential erhält unter Annahme eines in diesem Orte anfangenden Koordinatensystems mit lothrecht nach oben gehender Axe und mit Vernachlässigung der Glieder höheren Grades (was zwar nicht wesentlich nothwendig ist, aber die Rechnungen und ihre Ergebnisse sehr vereinfacht) die Form:

$$(1)\quad \begin{cases} V = C - gz + \frac{1}{2}(g_{11}x^2 + g_{22}y^2 + g_{33}z^2 + 2g_{12}xy \\ \qquad + 2g_{13}xz + 2g_{23}yz) \end{cases}$$

Hier bedeutet g die Schwere in dem Ort und $g_{11}, g_{12} \dots$ die sechs zweiten Differentialquotienten des Potentials nach den Koordinaten. Die Komponenten g_x, g_y, g_z der Schwere g_{xyz} in einem Punkte mit den Koordinaten x, y, z folgen aus (1) sofort durch die Gleichungen:

$$(2)\qquad \begin{cases} g_x = \dfrac{\partial V}{\partial x} = g_{11}x + g_{12}y + g_{13}z \\ g_y = \dfrac{\partial V}{\partial y} = g_{12}x + g_{22}y + g_{23}z \\ g_z = \dfrac{\partial V}{\partial z} = g_{13}x + g_{23}y + g_{33}z - g \end{cases}$$

Die Schwere g_{xyz} wird demnach unter Vernachlässigung der zweiten Potenzen von g_{11}, g_{12} (welche sehr kleine Grössen sind)

$$g_{xyz} = -g_z = g - g_{13}x - g_{23}y - g_{33}z$$

Die Veränderung der Grösse der Schwere hängt also nur von den drei Koefficienten g_{13}, g_{23}, g_{33} ab, und nur diese und nicht mehr können daher durch Messungen gefunden werden, welche, wie z. B. Pendelbeobachtungen nur die Grösse der Schwere angehen. In der That ist der grösste unter ihnen, g_{33}, welcher die Abnahme der Schwere mit der Höhe bestimmt, auf diesem Wege durch Hrn. Dr. Thiesen für das Observatoire in Breteuil, wo ihm ein Höhenunterschied von etwa 10 m zur Verfügung stand, ermittelt worden, und würde man ebenso verfahren können, um die beiden Koefficienten g_{13} und g_{23} zu erhalten, nur dass man erstens horizontal fortgehen müsste und zweitens der Kleinheit dieser Koefficienten wegen viel grössere Entfernungen zur Erreichung derselben Genauigkeit nöthig haben würde.

Uebrigens würde die Kenntniss von g_{33} und von

$$g_{11} - g_{22},\ g_{12},\ g_{13},\ g_{23}$$

welche Koefficienten ich besonders im Auge habe, sofort die vollständige Lösung der Aufgabe herbeiführen, da das Potential der Schwere, d. h. der Summe der Anziehung und der Centrifugalkraft der Erddrehung, von der geringen Luftdichte abgesehen, der Gleichung genügt:

$$\Delta^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = g_{11} + g_{22} + g_{33} = 2\omega^2,$$

wo ω die Winkelgeschwindigkeit der Erddrehung bezeichnet.

Es ist für die Beurtheilung der Möglichkeit, die obigen vier Koefficienten zu ermitteln, nothwendig, sich eine ungefähre Vorstellung darüber zu bilden, welche Werthe sie etwa erreichen können. Sieht man zunächst von der Abplattung und Drehung

der Erde ab, betrachtet sie also als eine aus homogenen concentrischen Kugelschalen zusammengesetzte ruhende Kugel, so wird das Potential V bekanntlich, wenn M die Erdmasse und r den Abstand des angezogenen Punktes von ihrem Mittelpunkt bezeichnet

$$V = M/r$$

und hieraus folgt sofort

$$g = M/r^2$$
$$g_{33} = -2g_{11} = -2g_{22} = 2M/r^3 = 2g/r$$
$$g_{12} = g_{13} = g_{23} = 0.$$

Nimmt man als Einheit der Länge das Meter, so ist r für einen Punkt in der Nähe der Erdoberfläche ungefähr $= 10^{-7} \cdot \frac{2}{\pi}$ und daher:

$$(3) \qquad g_{33} = g.\pi.10^{-7} = g.3.10^{-7},$$

während insbesondere die vier Koefficienten

$$g_{11} - g_{22}, \; g_{12}, \; g_{13}, \; g_{23}$$

null wären. In Folge der Abplattung der Erde und ihrer Drehung wird das letztere nun allerdings nicht der Fall sein, doch lässt sich leicht zeigen, dass die Werthe dieser vier Grössen in Folge dieser Ursachen im Maximum nur $\frac{2}{3}$ pCt. von g_{33}, also $2g.10^{-9}$ betragen würden. Dagegen können die sogenannten lokalen Unregelmässigkeiten im Bau der Erdrinde und auch sehr nahe durch den Menschen aufgehäufte Massen auf diese Grössen einen viel stärkeren Einfluss haben. Eine kleine Rechnung zeigt z. B., dass ihre Werthe eben so gross sein könnten wie g_{33} selbst, wenn sich eine Kugel von der mittleren Erddichte und irgend einem Radius in unmittelbarer Nähe des Punktes befände. Da nun die Gesteinsmassen der Erdoberfläche etwa halb so dicht sind, wie die Erde als ganzes, so werden wohl nirgends diese Werthe die Hälfte von g_{33} oder $g.\frac{3}{2}.10^{-7}$ betragen oder überschreiten, während sich wohl annehmen lässt, dass sie in gebirgigen Gegenden, namentlich dort, wo steile Berge aus weiten Ebenen aufsteigen, bis zu $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ von g_{33} heranreichen können. Aber selbst bei ebenem Erdboden können diese Werthe viel grösser sein als $g_{33}/150$, weil Unregelmässigkeiten in der Gesteinsdichte unter dem Erdboden sein können, wie es z. B. für die Umgegend von Berlin durch die unerwartet beträcht-

lichen Lotstörungen, welche durch die Untersuchungen des geodätischen Instituts festgestellt worden sind, sehr wahrscheinlich geworden ist. Daher glaube ich, dass an vielen Orten der Erde die vier Grössen:

$$g_{11} - g_{22},\ g_{12},\ g_{13},\ g_{23}$$

bis zu $\frac{1}{30}$ von g_{33} oder bis $g.10^{-8}$ heranreichen und diesen Werth sogar übersteigen.

Unter dieser Voraussetzung will ich jetzt zu zeigen versuchen, dass es möglich scheinen kann, ihre Werthe bis auf einige Procente von $g.10^{-8}$ genau zu bestimmen.

Stellen wir uns einen starren Körper vor, dessen Schwerpunkt mit dem Koordinatenanfang zusammenfalle, und setzen alle auf seine Massentheilchen den Gleichungen (2) gemäss wirkenden Anziehungen nach den bekannten elementaren Methoden zusammen, so werden ausser der durch den Schwerpunkt gehenden Resultante noch drei Kräftepaare oder Drehungsmomente um die Koordinatenaxen gefunden, welche nur dann in allen Lagen des Körpers verschwinden, wenn jede durch seinen Schwerpunkt gehende Axe eine freie Axe ist (also etwa für eine homogene Kugel), während es im Allgemeinen nur 24 so geartete Lagen giebt. Die beiden Kräftepaare mit horizontaler Axe kann man mit der Resultante zusammensetzen, wodurch dieselbe ein wenig seitlich vom Schwerpunkt verschoben wird, während das für meinen Zweck wichtigste mit lothrechter Axe bleibt. Seine Grösse wird durch folgende Formel gefunden:

$$(4.)\qquad (g_{11} - g_{22})A_{12} + g_{22}(A_{22} - A_{11}) + g_{13}A_{23} - g_{23}A_{13},$$

$$\text{wo } A_{11} = \int x^2 dm,\quad A_{12} = \int xy dm \text{ u. s. w.}$$

Sie hängt also von den vier Koefficienten $g_{11} - g_{22}$ etc. und von der Beschaffenheit und Lage des Körpers ab. Sie verschwindet für unendlich viele Lagen, und namentlich giebt es bei einer Drehung um eine lothrechte Axe vier oder zwei solcher Lagen, bei welchen zugleich ein Vorzeichenwechsel des Kräftepaares stattfindet. Ist im Besonderen diese Axe eine freie Axe, dann verschwinden A_{13} und A_{23}, und jene vier Lagen entspringen eine

aus der anderen durch eine Drehung um 90° oder ein Vielfaches von 90°.

Daher wird in einer Drehwaage, wie sie etwa CAVENDISH vor beinahe 100 Jahren zur Bestimmung der mittleren Erddichte angewendet hat, der an einem Faden hängende Hebel, auch wenn auf ihn nur die Schwere wirkt, eine Gleichgewichtslage haben, bei welcher der Faden bereits gedreht ist, weil jenes Kräftepaar durch dasjenige der Fadendrehung aufgehoben werden muss. Diese Gleichgewichtslage werde durch Ablesung nach gewöhnlichen Methoden bestimmt. Nun aber sei der ganze Apparat auf eine Art Drehscheibe gestellt und in dem Kasten, welcher den Hebel enthält, eine Hemmvorrichtung zur Vermeidung heftiger Schwingungen dieses Hebels während der Drehung vorhanden. Nach der Drehung und Lösung dieser Hemmung wird die Gleichgewichtslage eine andere geworden sein, weil das Kräftepaar sich verändert hat. Stellt man demnach den ganzen Apparat in die verschiedensten Azimute, so erhält man hinreichend viele Gleichungen, in denen ausser bekannten Grössen nur die Torsionskraft des Fadens und die vier Konstanten $g_{11}-g_{22}$ etc. als Unbekannte enthalten sind, welche aus ihnen zu berechnen wären.

Es kommt nun zur Beurtheilung der Möglichkeit des Gelingens derartiger Experimente vornehmlich darauf an, nachzuweisen, dass die Ausschläge des Hebels, welche aus unserem Kräftepaar entspringen, genügend gross sind. Zu diesem Zweck will ich annehmen, dass wirklich der von CAVENDISH benutzte Apparat auch hier gebraucht werden solle, und mich an die Beschreibung desselben halten, wie ich sie im Journal de l'École polytechnique, Cahier 17, pag. 263—320 gefunden habe.

Wenn CAVENDISH die schweren Bleikugeln den Endkugeln des Apparates möglichst nahe gebracht hatte, so betrug die Kraft, mit welcher letztere angezogen wurden etwa 2.10^{-8} ihres Gewichtes, d. h. $2.10^{-8}.g.m$, wo m die Masse einer Endkugel ist. Die Grösse des von CAVENDISH benutzten Kräftepaares war also im Maximum, wenn l die Länge des Hebels bezeichnet:

$$2.10^{-8}.g.m.l.$$

Unser Kräftepaar dagegen würde nach Formel (4) sein:

$$(g_{11}-g_{22}).A_{12}+g_{22}(A_{22}-A_{11})$$

d. h., wenn etwa $g_{11}-g_{22}=0$ und $g_{22}=g.10^{-8}$ gesetzt würde $g.10^{-8}(A_{22}-A_{11})$.

Dieses Kräftepaar erhält seinen grössten Werth, wenn der Hebel in die Richtung der y- (oder der x-) Axe gestellt wird. Dann wird A_{11} der geringen Querdimensionen wegen sehr klein und A_{22} nahezu $=2m.(l/2)^2$. Unser Kräftepaar wäre demnach im Maximum:

$$2.10^{-8}.g.m(l/2)^2$$

und verhielte sich zu dem vorigen wie:

$$l/4:1$$

d. h. etwa wie 1:2, da $l=1{,}83$.

An vielen Stellen der Erde würde jenes Kräftepaar selbst in dem Cavendish'schen Apparat von unseren an Grösse übertroffen werden, und bei zweckmässiger Abänderung würde daher, von den Fehlerquellen abgesehen, die Drehwaage völlig ausreichen, um die in Frage kommenden Konstanten bis auf einige Procente von $g.10^{-8}$ genau zu ermitteln. Leider aber sind diese Fehlerquellen sehr bedeutend und schwer unschädlich zu machen, worauf mich namentlich Hr. Professor Dr. Bruns, Direktor der Sternwarte in Leipzig, aufmerksam gemacht hat. Wie er mir mitgetheilt hat, bestehen diese Fehler besonders in der Unbeständigkeit der Torsionskraft und der Gleichgewichtslage des Fadens, wenn er im ungedrehten Zustande ist. Da ich kein experimentirender Physiker bin, so wäre es mein Wunsch, einen solchen für diese Angelegenheit interessiren zu können, welcher vielleicht eine andere Anordnung zur Messung des von mir angegebenen Kräftepaares treffen würde oder aber die zeitliche Unmöglichkeit des Gelingens derartiger Versuche darlegte.

Zu Gunsten der Wichtigkeit derartiger Bestimmungen liesse sich vielleicht sagen, dass möglicher Weise die Empfindlichkeit der Kräftemessapparate hier und da eine Grösse erlangt hat, welche die Einflüsse der 6 zweiten Differentialquotienten und nicht bloss von g_{33} als nicht verschwindend erscheinen lässt und ihre Fortschaffung, d. h. die Kenntniss dieser Koefficienten wünschenswerth

macht. Dagegen liegt die Wichtigkeit ihrer Kenntniss für geodätische Zwecke klar vor Augen. Von den vier Konstanten:

$$g_{11} - g_{22},\ g_{12},\ g_{13},\ g_{23}$$

bestimmen nämlich die beiden ersten die Azimute der beiden Krümmungslinien der durch den Punkt gehenden Niveaufläche (des Geoids) und die Differenz ihrer Hauptkrümmungen; und ebenso bestimmen die beiden letzteren das Azimut der Schmiegungsebene der Lothlinie und ihre Krümmung.

Hr. **E. Budde** zeigte darauf eine von Hrn. Hauptmann WIEBE in Spandau freundlichst zur Verfügung gestellte Sammlung von Geschossen vor, welche durch Einschlagen in Sand, Mauerwerk u. s. w. in verschiedenartiger Weise deformirt waren.

Hr. **H. W. Vogel** sprach dann

1) Ueber LIPPMANN's Photographien des Spektrums in natürlichen Farben.

SEEBECK (GOETHE's Farbenlehre 1810) ist es bereits geglückt Spectra auf im Licht braungewordenen Chlorsilberschichten in ihren annähernd natürlichen Farben zu fixiren. BECQUEREL, NIEPCE DE ST. VICTOR, POITERIN, Dr. ZENCKER haben diese Experimente fortgesetzt und auf solchen in Licht angelaufenen Chlorsilberschichten auch transparente farbige Bilder copirt, wobei vorzugsweise die wenig brechbaren Farbenstrahlen (roth, gelb) sich gut abbildeten[1]. Ueber die Natur dieser Farben gab Dr. ZENCKER die erste Erklärung (dessen Photochromie: Berlin 1868). Er nahm an, dass beim Eindringen der Lichtstrahlen in die empfindliche Schicht an der Rückseite Reflexionen stattfänden, dass die reflectirten Strahlen mit den ankommenden stehende Wellen bilden und dass durch dieselben an der Maximumstelle der Bewegung (Wellenberg und Wellenthal) d. h. in der Entfernung einer halben Wellenlänge Reduktionen der empfindlichen Schicht einträten, wodurch Lagen von reduzierten Silber gebildet würden. Fällt weisses Licht auf

[1] Berichte der d. chem. Gesellschaft IX.

solche Schicht, in welcher z. B. durch blaue Strahlen Lagen in $^1/_2$ Wellenlänge Abstand erzeugt sind, so wird durch die erste Lage das Licht z. Th. hindurchgehen, z. Th. reflectirt werden. Dasselbe geschieht bei der zweiten und den folgenden Lagen.

Das von der ersten Schicht reflectirte Licht interferirt mit dem von der zweiten Schicht reflectirten bei einem Gangunterschied einer ganzen Wellenlänge der blauen Strahlen; somit werden diese Strahlen sich gegenseitig verstärken. Dasselbe geschieht bei den Reflexionen und Interferenzen in den folgenden Lagen. Somit wird das reflectirte Licht an solchen von blauem Lichte affizirten Stellen blau tingirt sein. Aehnliches gilt für die übrigen Stellen, welche von dem rothen, gelben, grünen und violetten Theile des Spectrums getroffen worden waren. Leider erwiesen sich diese Bilder sammt und sonders als nicht fixirbar d. h. das nach der Bilderzeugung überflüssige empfindliche Material (das Silberchlorür, hypothetisch Ag_2Cl) konnte nicht fortgeschafft werden. In Folge dessen veränderten sich die Bilder bei Betrachtung im Tageslicht bald und die Farbe verschwand allmählich.

Jetzt ist es nun LIPPMANN gelungen solche farbigen Lichtbilder zu erzeugen, die sich fixiren lassen. Das ist der grosse Fortschritt. Die Ursache der Fixirbarkeit liegt nach meiner Ansicht nun in der Wahl eines anderen lichtempfindlichen Materials.

Bei den älteren Experimentatoren wurde allgemein im Licht gebräuntes Chlorsilber benutzt. Man nahm dasselbe weil es für Licht nahe aller Brechbarkeiten empfindlich war. Farbenempfindliche Platten deren Herstellung mir zuerst 1873 glückte, kannte man früher noch nicht.

Sucht man aber das nach der Belichtung überflüssige braune „Silberchlorür" aufzulösen, so zerfällt es nach der Gleichung

$$Ag_2Cl = Ag + AgCl.$$

Es schlägt sich somit pulveriges Silber in der Bildschicht nieder und zerstört natürlich die regelmässige Lagerung, welche zur Entstehung der dünnen Plättchenfarben nach Dr. ZENCKER's Theorie[2]) nöthig ist.

---

[2]) Neuerdings geht durch englische Fachschriften die Behauptung, die Theorie der stehenden Lichtwellen und der Photographieen in natürlichen

Lippmann dagegen benutzt reines (oder durch Absorptionsmittel gefärbtes) Bromsilber, welches sich beim Behandeln mit einem Lösungsmittel (nach der Belichtung) glatt, ohne Zurücklassung von Silberpulver, auflöst, so dass die regelmässige Lagerung ungestört bleibt.

Eine von Hrn. Lippmann hergestellte Photographie des Spectrums wurde vorgezeigt.

---

2) Ueber die Photometrie farbiger Strahlen und über Messung der chemischen Intensität des Tages- und des verschiedenfarbigen Lichtes.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Photometrie ist es bekanntlich schwer möglich, bei Vergleichung gleichfarbiger Lichtquellen eine grössere Genauigkeit zu erzielen als bis 1 pCt. Handelt es sich um farbiges Licht (Vergleich von Blau und Blau, Grün und Grün, Roth und Roth), so ist die Genauigkeit noch geringer, namentlich, wenn die Helligkeiten der Lichtquellen stark differiren. H. C. Vogel giebt bei seinen Vergleichen der Intensitäten der verschiedenen Spektralregionen von Lampen-, Sonnen- und Himmelslicht die Genauigkeit auf 6 pCt. an (Bericht der Berliner Akademie d. W. 1880, p. 861). Bei Vergleichungen der Helligkeit verschiedenfarbiger Lichter ist der Fehler noch grösser und dürfte er je nach den Umständen 10 bis 16 pCt. betragen.

Sind wir somit mit der gewöhnlichen Photometrie schon übel daran, so sieht es mit der chemischen Photometrie, d. h. mit der Bestimmung der chemischen Intensität des Tageslichts [und der damit zusammenhängenden Messung der Empfindlichkeit photographischer Platten] noch schlimmer aus. Bei diesen Messungen benutzt man statt der empfindlichen Netzhaut ein lichtempfindliches Material, welches durch das Licht chemisch verändert wird. Bunsen und Roscoe nahmen als solches das schon von Draper empfohlene Chlorknallgas und bestimmten aus der Salzsäuremenge, welche inner-

---

Farben rühren von Lord Rayleigh her. Derselbe trat aber damit erst 18 Jahre nach Dr. Zencker hervor.

halb der Zeiteinheit in der Entfernungseinheit durch irgend eine Lichtquelle gebildet war, die chemische Intensität des betreffenden Lichts. Das Material litt an dem Uebelstand, dass die Gegenwart von Wasser seine Empfindlichkeit sehr empfindlich beeinflusst, wie zuerst PRINGSHEIM zeigte, dass ferner ganz unbedeutende Verunreinigung (Luft etc.) zu ganz erheblichen Fehlern führten (BUNSEN und ROSCOE)*). Der grösste Uebelstand ist aber der, dass das Chlorknallgas wesentlich nur blaues, violettes und ultraviolettes Licht absorbirt und dass nur diese Strahlen chemisch darauf wirken, die nicht absorbirten Strahlen werden somit nicht mitgemessen.

Wegen der grossen Schwierigkeiten, welche die Handhabung des Chlorknallgasphotometers im Gefolge hat, nahmen BUNSEN und ROSCOE später Chlorsilberpapier (POGGENDORFF's Ann. CXVII, 520). Sie belichteten dasselbe mittelst des „Pendelphotometers“ und maassen die Lichtintensität aus der Zeit, die zur Erreichung einer bestimmten Schwingung nöthig war. Vorher wiesen sie nach, dass die Zeit, welche zur Erreichung einer gewissen Färbung nöthig ist, der Lichtintensität genau umgekehrt proportional ist (Reciprocitätsgesetz).

Dieses Papierphotometer war in Bezug auf die Manipulation ein ganz bedeutender Fortschritt, in Bezug auf das Photometermaterial aber ein ganz erheblicher Rückschritt, indem das Chlorsilberpapier wesentlich nur für die violetten und benachbarten ultravioletten Strahlen empfindlich ist; somit waren es eigentlich nur diese, welche gemessen wurden. Es sind auf Veranlassung ROSCOE's eine sehr grosse Zahl Lichtmessungen in Kew, in Manchester, in Para u. s. w. gemacht worden. Die dadurch gewonnenen Zahlen gaben aber keineswegs die gesammte chemische Lichtintensität des Himmels an, sondern nur die der violetten Strahlen.

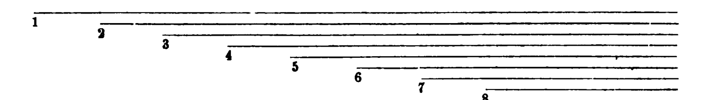
Da diese nun auf sehr wichtige biologische Erscheinungen, z. B. Entwickelung des Blattgrüns, so gut wie gar nicht einwirken, so sind alle aus jenen Messungen gezogenen Schlüsse in Bezug auf die Entwickelung der Pflanzenwelt etc. geradezu falsch.

Später schlug ich mit chromsaurem Kali getränktes Papier

*) POGGEND. Ann. Bd. C, p. 43, 481, Bd. CI, p. 235.

als photometrisches Material vor und benutzte zur Beobachtung das sogenannte Schichten- oder Skalenphotometer (Photogr. Mitth. 1868, Jahrg. 4, p. 122; Vogel, Handbuch der Photogr. IV. Aufl. Bd. I, p. 96). Das chromsaure Kalipapier färbt sich im Licht anfangs 4mal rascher als Silberpapier. Die Färbung bei langer Beleuchtung steht der des Chlorilberpapiers an Intensität nach. Dieser Umstand schadet aber nicht, da hier nur die Anfangswirkung gemessen wird. Der Vortheil des Chromatpapiers gegenüber dem Silberpapier beruht aber darin, dass es auch für die hellblauen Strahlen bis über F empfindlich ist, d. h. gerade für die Spectralregionen, welche hauptsächlich auf unsere gewöhnlichen photographischen Präparate wirken.

Das Skalenphotometer, wie es heut noch in der photographischen Praxis in Anwendung ist, besteht aus einem terrassenförmigen System von übereinander gelegten, völlig homogenen Papierstreifen,



die eng zusammengepresst sind. Auf jedem vorstehenden Ende der Streifen sind Zahlen in Schwarz gedruckt, welche die Zahl der darüberliegenden Streifen angeben. Setzt man unter solchem Streifensystem das empfindliche Papier dem Lichte aus, so schützt die schwarze Zahl das darunter liegende Papier vor der Wirkung des Lichts. Dieselbe erscheint demnach hell auf dem umgebenden durch das Licht gedunkelten Grund. Je stärker das Licht ist, desto rascher wird diese Färbung nach den oberen Graden hin fortschreiten. Man erkennt den äussersten Punkt, bis zu dem sie fortgeschritten ist, an der daselbst erschienenen Gradzahl, wobei aber die allererste schwächste erkennbare Wirkung zu berücksichtigen ist.

Ich habe a. a. O. bewiesen, dass die Lichtintensitäten unter solchem terrassenförmigen Streifensystem, je nach der Zahl der Schichten, in geometrischem Verhältniss zu einander stehen. Ist die auf das System fallende Lichtintensität = 1, die nach Durch-

gang durch eine Lage übrig bleibende $= 1/m$, so ist die Intensität unter 2 Lagen $1/m^2$, unter x Lagen $1/m^x$.

Das Instrument ist nur in vereinzelten Fällen zur Photometrie verwendet worden (SCHULTZ-HENCKE. Phot. Mitth. XXIII, 296), desto mehr aber zur Bestimmung der Belichtungsdauer bei verschiedenen photographischen Processen, bei welchen der Lichteindruck erst durch eine nachherige Manipulation zur Erscheinung kommt.

Später wurde ein ähnliches Schichtenphotometer durch WARNECKE construirt und zur Messung der Empfindlichkeit von Trockenplatten empfohlen. Es fand auch eine sehr allgemeine Einführung, bis Prof. L. WEBER und Dr. KARSTEN nachwiesen, dass die Genauigkeit desselben sehr viel zu wünschen übrig lässt (Photogr. Mitth. XXVII, 91). Wissenschaftlich ganz unhaltbar ist die für dieses Sensitometer vorgeschlagene Normallichtquelle, eine durch Magnesiumlicht erregte Phosphorescenzplatte. Wie solche total unzuverlässige Lichtquelle vorgeschlagen werden und Eingang finden konnte, ist mir ein Räthsel.

Später konstruirte ich ein auf einem älteren Princip beruhendes Photometer, welches Loch- oder Röhrenphotometer genannt wurde. Hier standen die einzelnen Grade nicht im geometrischen Verhältniss zu einander wie beim Schichtenphotometer (s. o.), sondern im arithmetrischen (s. diese Ber. 1882, No. 6).

Ich glaubte früher in dem Instrumente einen besonderen Fortschritt zu erkennen. Ich bekenne offen, dass ich die Ansicht jetzt fallen lasse und zwar aus folgenden Gründen:

Bekanntlich verhält sich die Helligkeit der einzelnen Grade des Röhrenphotometers wie die Zahl der Löcher über jeder Röhre, unter welcher die zu prüfende Platte belichtet wird. So ist unter N. 1 (ein Loch) die Helligkeit 24mal so schwach als unter No. 24 (24 Löcher); wenn demnach zwei Platten unter dem Photometer gleich lange demselben Licht ausgesetzt werden, und es erscheint bei der einen, bei der photographischen Entwickelung Zahl 10, bei der anderen Zahl 24, so heisst es, dass die Helligkeit unter 10, die nur $^{10}/_{24}$ von der Helligkeit unter 24 ist, ebenso starken Eindruck macht als die Helligkeit unter 24, demnach wird die erste Platte im

Verhältniss 10 : 24, also nahe $21^1/_2$ mal empfindlicher sein. Hier bekommt man also direkt das Verhältniss der Empfindlichkeit aus dem Verhältniss der Zahl der Löcher, unter welchen der erste Eindruck sichtbar wird; das ist ein wesentlicher Vortheil gegenüber dem Skalenphotometer, dessen Grade nach geometrischem Verhältniss fortschreiten und keineswegs wie die Gradzahlen sich verhalten.

Diesen Vortheilen gegenüber tritt nun ein grosser Nachtheil, das sind die ganz ungleichen Intervalle zwischen zwei Graden. So ist unter einem Loch die Lichtstärke halb so gross als wie unter zwei Löchern. Es muss demnach, wenn die Lichtstärke unter 2 Löchern 100 genannt wird, die Lichtstärke um 100 steigen, um unter einem Loch dieselbe Anfangswirkung hervorzubringen, als wie unter zwei.

Es folgt daraus, dass wenn z. B. bei einer Platte Zahl 2 herauskommt, bei derselben Zeit eine doppelt so empfindliche Platte Zahl 1 herausbringen würde; eine $1^3/_4$ mal so empfindliche würde aber nicht 1, sondern auch nur Zahl 2; so dass sich unter solchen Umständen Platten als gleich erweisen werden, deren Empfindlichkeit sich wie 4 : 7 verhält.

Die Helligkeit H unter jedem Grade ist der Zahl der Löcher n proportional. So steigt die Helligkeit von n bis $n+1$ um $1/n \times 100$ in Procenten; ist also bei jedem Grad verschieden, sehr gross, wenn n klein ist, und gering, wenn n gross ist. Sie muss demnach bei Grad 10 um 10 pCt. steigen, wenn sie die durch Grad 11 hervorgebrachte Anfangswirkung ebenfalls hervorbringen will. Eine Steigerung um 5 pCt. bleibt demnach sicher ohne Wirkung; nahe eben so gross ist der Fehler. Vergleicht man in dieser Art Grad 20 und 19, so bemerkt man Unterschiede von 5 pCt., und kann man dann mindestens 3 pCt. Fehler machen.

Es liegen also abermals in Bezug auf die Anfangswirkung Fehler vor, die das Instrument in Bezug auf die Grade 1—20 so gut wie unbrauchbar machen. Nur von 20—25 halten sie sich innerhalb der Fehlergrenzen der gewöhnlichen Photometrie; sie ist aber für jedes Intervall verschieden. Die Frage, inwieweit Unter-

schiede von 5 pCt. durch die Anfangswirkung sich markiren werden, ist noch eine offene.

Anders ist es nun beim Schichtenphotometer. Ist die Zahl der Schichten x, die Helligkeit unter einer Schicht m, so ist die Helligkeit unter x Schichten $1/m^x$. Es muss demnach m^x mal so viel Licht auf die x Schichten fallen, um dieselbe Wirkung (Anfangswirkung) unter x Schichten auszuüben, wie die Lichtstärke 1 bei einer Schicht. Bei dem Grade $x+1$ wird m^{x+1} mal so viel Licht nöthig sein.

Demnach steigt die Lichtmenge, wenn nach Grad x Grad $x+1$ sichtbar wird um $m^{x+1}-m^x$. Berechnen wir dieses von m^x ausgehend auf Procente, so erhalten

$$\frac{m^{x+1}-m^x}{m^x} \times 100 = (m-1) \times 100.$$

m ist nun eine Constante, d. h. deren reciproker Werth die Lichtstärke angiebt, welche beim Durchgang durch eine Schicht übrig bleibt.

Daraus geht hervor:

1. dass die Zunahmen des Lichtes in Prozenten von einem Grad zum andern bei allen Graden des Schichtenphotometers gleich sind,
2. dass diese Zunahme gleich dem um eins verminderten Absorptionskoefficienten für eine Schicht ist multiplicirt mit 100*).

Daraus folgt, dass in der That das Schichtenphotometer Vortheile vor dem Röhrenphotometer voraus hat.

Bei meinem Photometer beträgt die Zunahme 0,27 von einem Grad zum andern ($m-1 = 1,27-1 = 0,27$), dieses mit 100 multiplizirt liefert 27 pCt.

Man kann aber durch Wahl eines weniger stark absorbirenden Materials, bei welchem m kleiner ist, ein geringeres Wachsthum der Grade erzielen. Ist m z. B. $= 1,1$ so ist $m-1 = 0,1$, demnach die Zunahme von Grad zu Grad nur 10 pCt. Dann bleiben die Fehler innerhalb der Zahl 10 pCt. Ist $m = 1,05$, so bleiben sie in-

*) Unter Absorptionscoefficient ist hier die Zahl verstanden, mit welcher man die ursprüngliche Lichtstärke dividiren muss, um die durch Absorption, nach Durchgang durch eine Schichtenlage, verminderte Lichtstärke zu erhalten.

nerhalb 5 pCt. Dadurch hat man es in der Gewalt, das Schichtenphotometer empfindlicher zu machen.

Man wird aber bei diesen Bestimmungen, gleichviel ob sie zur Messung der chemische Lichtintensität oder aber zur Messung der Empfindlichkeit einer Platte dienen sollen, sich wohl mit einer Genauigkeit bis auf 5 pCt. begnügen müssen.

Noch übler steht es nun, wenn wir photochemisch die chemische Intensität verschiedenfarbigen Lichts vergleichen wollen.

Ich schlug kurz nachdem es mir glückte, die farbenempfindliche Platten zu finden, zu diesem Zwecke einen Spectralapparat mit sogen. Keilspalt vor (s. Ber. d. chem. Gesellsch. 1874 p. 1188) und habe denselben auch wirklich bei meinen Spectralbeobachtungen im rothen und indischen Meer und benutzt (Pogg. CLVI, p. 319). Die Helligkeit des Spectrums ist bei solchem Keilspalt der Spaltbreite an betreffender Stelle proportional; man erkennt ferner die Intensität des bezw. Spektrallichts aus der Stelle bis zu welcher von der Breitseite des Spalts an gerechnet die Lichtwirkung sich erstreckt. Aber das Erkennen dieser Stelle macht ganz besondere Schwierigkeiten; die Schattirung ist so allmählich, dass man gar nicht sagen kann, wo die Färbung wirklich aufhört. Dazu beeinflussen die mitphotographirten Spectrallinien die Beobachtung durch Contrast sehr erheblich.

Bei dicken Linien erkennt man die Wirkung viel weiter hin als bei schwachen.

Ich gab daher diese Methode bald auf. Dagegen ergriff sie Schumann und suchte damit Bestimmungen über die relative Intensität der blauen und gelben Strahlen im Sonnenspectrum, resp. über die relative Wirkung derselben auf farbenempfindliche Eosinsilberplatten, zu machen.

Neben dem Keilspalt verwandte er hierbei noch einen anderen Modus. Er belichtete in einem Spectrographen dieselben Platte nacheinander mit verschiedenen Expositionszeiten, so dass er eine Reihe Spektra neben einander erhielt, und bestimmte die Zeit, die eben nöthig war, um bei diesen Spectren die verschiedenen Farbenregionen (Blau, Gelb etc.) zum Vorschein zu bringen (d. h. wieder die sog. Anfangswirkung). Hierbei gelangte er zu den Resultaten,

deren Unrichtigkeit auf der Hand liegt. Er erklärt auf Grund seiner Versuche (photogr. Correspond. 1886. p. 526. Chemical News 1891):

„Bei hochstehender Sonne ist die Erythrosinsilberplatte für gelbe und blaue Strahlen gleichempfindlich.“

Ferner:

„Dem Gelb und Blau vom Spectrumbild der Wolken und des Himmelsgewölbes gegenüber erweist sich die Erythrosinsilberplatte als gleichhoch empfindlich.“

Die Unrichtigkeit dieser Behauptungen geht nun aus wirklichen Messungen der Lichtstärke verschiedener Farben im Spektrum des trüben und klaren Himmels und des Sonnenlichts hervor. Solche Messungen liegen vor von H. C. Vogel (Bericht der Berl. Akad. d. W. 1880 pag. 801).

H. C. Vogel hat das Licht der drei Lichtquellen mit einer Petroleumnormallampe verglichen und die Zahlen der Art berechnet, dass er die Intensität des Sonnenlichtes resp. Himmelslichtes soweit abgeschwächt dachte, dass die Stelle im Grün λ 555 in beiden Spektren sich als gleich hell erwies. Dann zeigten die übrigen Farben im Petroleumlicht folgende Helligkeiten im Vergleich zu denselben Farben in den anderen Lichtquellen:

	Wellenlänge,	dividirt durch: Petroleum / Trüben Himmel.	Petroleum / Klaren Himmel.	Petroleum / Sonne.
Roth	673	—	2,67	—
	633	3,40	3,98	2,32
Orange	600	2,12	2,52	1,75
Gelbgrün	555	1,00	1,00	1,00
Grün	517	0,47	0,40	0,52
Grünblau	486	0,23	0,19	0,27
Blau	426	0,10	0,04	0,11
	444	0,09	0,02	0,10

Wenn man demnach Petroleum, trübes und blaues Himmelslicht und Sonnenlicht im Grüngelb (λ 555) gleich hell macht, so erweist sich das Blau im trüben Himmel bei λ 444*) als 11 mal, im klaren Himmel als 50 mal und in der Sonne als 10 mal so hell wie im Petroleumlicht.

*) d. h. nahe dem photogr. Maximum des blauempfindlichen Bromsilbers.

Ferner hat CROVA (Analyse des diffusen Himmelslichts C. R. 109. 1889) mit Hülfe des Spektralphotometers für fünf verschiedene Wellenlängen die Intensität der diffusen Strahlung des Himmels mit der Strahlung einer Carcellampe verglichen. Die Messungen wurden zu verschiedenen Tageszeiten mit dem vom Zenith kommenden Himmelslicht auf dem Mont Ventoux, einige auch zu Montpellier, angestellt.

„Die Messungen zeigen deutlich das Ueberwiegen der blauen Strahlen im Himmelslichte. Dieses Ueberwiegen vermindert sich nach CROVA vom Morgen bis zum Mittag und nimmt dann wieder zu, ohne dass jedoch in gleichgelegenen Stunden des Nachmittags dieselben Werthe wie Vormittags erreicht wurden. Uebrigens sind die Werthe von Tag zu Tag sehr verschieden.“ Diese Differenzen müssen sich aber auch in der photographischen Wirkung offenbaren. Je mehr Blau in einer Lichtquelle enthalten ist, desto kräftiger wird das Blau ihres Spektrums auf photographische Platten wirken. Dasselbe gilt für die übrigen Farben und wenn sie dennoch SCHUMANN in allen den Fällen als gleich hinstellt, so beweist er damit nur, dass seine Messungsmethode falsch ist.

Dass aber solche Unterschiede zwischen Sonnen- und Himmelslicht auch photographisch nachweisbar sind, geht am besten aus Beobachtungen mittelst des Spektographen hervor. Hr. SCHULTZ-HENCKE machte mit demselben schon 1886 gleichzeitige Spektral-Aufnahmen des Sonnen- und des Himmelslichts an völlig heiteren Tagen mit verschiedenen Expositionen und zwar auf gewöhnlichen Gelatineplatten, welche bekanntlich bei hinreichend langer Exposition ebenfalls das Grün, Gelb und Roth schwach zeichnen. Hierbei musste bis 4 Minuten auf Himmel exponirt werden, um eine gleiche intensive Blauwirkung zu erhalten, wie bei Sonne in $^1/_4$ Sekunde*). Dabei zeigte sich aber in der Wirkung des Sonnen- und Himmelslichts ein überraschender Unter-

*) Dass man nahe 1000 mal so lange exponiren muss, um eine ebenso kräftige Blauwirkung vom Himmelsspectrum zu erlangen als von der Sonne, kann nicht Wunder nehmen insofern als nur ein ganz kleiner Theil des Himmelsgewölbes mit einer Winkelöffnung von nur 8° (bei einem Collimator von 265″ Fokus und 37 m Oeffnung) in den Collimator scheint.

schied. Die Wirkung des Himmels ging viel weiter in das Ultraviolett, erstreckte sich aber in den meisten Fällen nicht über die Linie F hinaus. Dagegen ging die Wirkung des Sonnenlichts weniger weit in's Violett, dafür aber auf der anderen Seite bedeutend weiter bis in's Grün und Gelb. Nachstehende Tabelle giebt die Resultate:

Vergleich der Wirkung von Himmel und Sonne nach SCHULTZ-HENCKE.

Datum	Spectrum-Anfang.	Spectrum-Ende.	Exposition.	
17./5. 83	λ370	λ480	3'	Himmel.
um 1.50 Uhr	371	580	1/4"	Sonne.
26./5. 83	371	500	4'	Himmel.
um 1.30 Uhr	377	580	1/4"	Sonne.
29./5. 83	372	480	4'	Himmel.
um 1 Uhr	376	580	1/4"	Sonne.
28./5. 83	370	480	4'	Himmel.
	374	575	1/4"	Sonne.
26./5. 83	371	490	4'	Himmel.
um 2 1/2 Uhr	376	580	1/4"	Sonne.
9./5. 83 um 2 1/4 Uhr	370	500	2'	Himmel.
verschleierte S.	376	575	1"	Sonne.

Daraus geht wohl unzweifelhaft hervor, dass die gelben und grünen Strahlen (im Verhältniss zu den blauen) im Himmelslicht photographisch erheblich schwächer wirken, als im Sonnenlicht, während SCHUMANN ihre Wirkung (im Vergleich zum Blau) im Sonnen- und Himmelslicht als gleich angiebt.

Nun kann man aber auch durch praktische Versuche die Unrichtigkeit von SCHUMANN's Behauptungen nachweisen. Wäre, wie er behauptet, die Wirkung von Blau und Gelb sowohl im Sonnen- als auch im Himmelslicht gleich, so müsste die Farbenwirkung beider bei Aufnahme einer Farbentafel ganz dieselbe sein, sowohl im Sonnen- als auch im Himmelslicht. Das ist aber nicht der Fall. Photographirt man eine Farbentafel mit farbenempfindlichen Platten im Mittagsonnenlicht, so wirkt das Gelb ganz erheblich stärker als das Blau; macht man dasselbe Experiment bei blauem Himmelslicht, so ist es umgekehrt.

Somit sind alle Angaben über die gleiche Wirkung der gelben

und blauen Strahlen von Sonne, blauem oder grauem Himmel, wie sie SCHUMANN hinstellt, total falsch.

Wie erklären sich nun diese falschen Resultate? Einfach aus der falschen Messungsmethode mit der sogenannten Anfangswirkung.

SCHUMANN hat dabei eine wichtige, von mir im Vorjahre beobachtete Thatsache ignorirt. Es ist bekannt, dass die Wirkung des Lichts bei photographischen Platten nicht direkt erscheint, sondern erst durch einen nachfolgenden Reduktionsprocess, die sogenannte Entwickelung. Hierbei beobachtet man nun bei Silbereosinplatten, dass das Gelb langsamer entwickelt, wie das Blau. Zuerst kommt letzteres intensiver heraus; später wird das Gelb sichtbar, und erst am Ende der Entwickelung überholt es — bei günstiger Beleuchtung mit weissem Himmelslicht — das Blau, um stärker zu werden als dieses (s. photogr. Mittheil. XXVII, p. 63). Daher fordern Silbereosinplatten Ausentwickelung. Wenn jemand sagt, er hätte solche Platten aus dem Entwickler nehmen müssen, damit sie nicht verschleiern, so können sie auch ihre Empfindlichkeit für Blau und Gelb nicht zeigen. Man nehme daher stets einen nicht zu rasch wirkenden Entwickler mit Bromkalium.

Die Thatsache des ungleichzeitigen Entwickelns von Blau und Gelb erklärt sich von selbst.

Nach EDER ist im Mittel in einer photographischen Gelatine-Platte 13 $\times$ 18 cm enthalten 0,412 Bromsilber; daneben enthalten Silbereosinplatten nach meiner Berechnung höchstens 0,00018 Erythrosinsilber. Demnach ist die Menge des Bromsilbers mehr als 2000 mal grösser als die Menge des Erythrosinsilbers.

Nimmt man das Eosinsilbermolecül als 5 fach schwerer an als das Ag Br Molecül, so würden auf 400 Bromsilbermolecüle 1 Eosinsilbermolecül kommen. Somit wird der weisse Strahl zunächst die 500 Bromsilbermolecüle afficiren und natürlich hauptsächlich im blauen Theile, wo er die stärkste Absorption findet. Er wird somit seines blauen Theiles beraubt. Daher wirkt der blaue Theil zuerst. Erst beim weiteren Eindringen in die Schicht, nachdem der Strahl mehrere Eosinsilbermolecüle passirt hat, wird deren Wirkung zum Vorschein kommen, d. h. die im Gelb.

Entwickelt man daher eine Silbereosinplatte, so bemerkt man, wie ich bereits oben gezeigt habe, wie sich das Blau zuerst „entwickelt“, später erst das Gelb. Somit hat das Blau einen Vorsprung bei der Entwickelung, das Gelb kommt erst verspätet zur Erscheinung, wenn der Entwickler hinreichend tief eingedrungen ist. **Diese totale Ungleichheit der Entwickelungsbedingungen gestattet gar keinen Vergleich der Empfindlichkeiten der Eosinsilberplatten für Blau und Gelb aus der sogenannten Anfangswirkung.**

Die einzig brauchbare Methode ist die Bestimmung der **Zeit**, die zu der Erreichung einer gewissen Intensität nöthig ist. *Zeigt* sich bei einer fertig entwickelten Platte, welche Spectren verschiedener Expositionen enthält, dass ein zehn Sekunden belichtetes Spectrum im Blau ebenso intensiv ist als das Gelb in einem nur eine Sekunde belichteten, so darf man nach den bisherigen Erfahrungen annehmen, dass das Blau zehnmal weniger wirkt als das Gelb. Die Bestimmung der chemischen Lichtintensität aus der Zeit der zur Erreichung einer gewissen Färbung nöthig ist, ist eine ganz alte, von ausgezeichneten Wissenschaftsmännern wie Bunsen und Roscoe (Poggendorff's Annalen Bd. 112 pag. 526), Janssen (zur Bestimmung der Helligkeit der Sterne), L. Weber (zur Bestimmung der aktinischen Helligkeit) angewendete (s. photogr. Mittheilungen Märzheft I, 1891 pag. 334 und Aprilheft I, pag. 10) und ist sogar von der französischen Commission zur Beratung photographischer Fragen (Congrès international de photogr. Rapports. Gauthier-Villars. Paris pag. 72) neuerdings empfohlen worden.

Die erwähnten Photometer wurden vorgelegt.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 24. April 1891.** Nr. 7.
Ausgegeben am 30. Juni 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Der Vorsitzende eröffnete die Sitzung mit folgender Ansprache:

Wenn eine Gesellschaft wie jetzt die unsrige in höhere Jahre kommt, ergeht es ihr wie dem alternden Einzelnen; Einer um den Andern sterben ihr die Genossen und Freunde ihrer Jugend ab, und es kann kommen, dass sie erst durch ihren Tod wieder an die Bedeutung erinnert wird, die sie einst für sie besassen. Dies trifft einigermaassen zu bei dem Manne, auf dessen Sarg Ihr Vorstand unlängst einen Kranz im Namen der physikalischen Gesellschaft niederlegen liess.

Am 5. d. M. starb Professor

August Röber,

an Jahren unser ältestes Mitglied, denn er war am 11. December 1806 zu Elberfeld geboren, aber auch seinem Eintritt nach eines der ältesten, denn er findet sich als Mitglied aufgeführt zuerst in dem Doppel-Jahrgange 1850—51 unserer „Fortschritte". Von 1829—36 Lehrer der Mathematik, Physik und Chemie an der höheren Bürgerschule zu Crefeld, von da ab in Berlin lebend, gehörte er jener

Generation von Physikern und Mathematikern an, welche die Berliner physikalische und mathematische Schule gründeten, zu welcher die älteren unter uns als zu ihren Lehrern emporblickten: der Generation der DOVE, MAGNUS, POGGENDORFF, RIESS, denen die erstaunliche Gruppe JACOBI, STEINER, LEJEUNE DIRICHLET, KUMMER sich anreiht. Ausser Hrn. KUMMER lebt von jener Generation, fast ein volles Jahr älter als RÖBER, jetzt nur noch der allverehrte SCHELLBACH. Mit Hrn. SCHELLBACH, der geraume Zeit auch unser Mitglied war, hatte RÖBER das gemein, dass er nicht akademischer Docent wurde, sondern an einer sehr erspriesslichen Lehrthätigkeit an einer höheren Schulanstalt sich genug sein liess. Als STEINER 1835 die städtische Gewerbeschule, jetzt Friedrichs-Werder'sche Ober-Realschule, mit der Universität vertauschte, ward RÖBER sein Nachfolger als Lehrer der Mathematik. Unter dieser Lehrthätigkeit litt freilich seine wissenschaftliche Productivität. Doch zeigen einige theoretische Arbeiten aus früheren Jahren — akustischen, optischen, elektrischen, auch chemischen Inhalts[1]) — was er in dieser Art bei mehr Musse wohl vermocht hätte. Während seines Aufenthaltes in Crefeld hatte er an den wichtigen Stimmgabel-Versuchen des Seiden-Manufacturisten SCHEIBLER theilgenommen, und ihm verdankt man die strengere Gestaltung und Begründung des SCHEIBLER'schen Verfahrens, die Stösse zur Stimmung der Töne zu verwenden. Ein Satz dazu benutzter Stimmgabeln befindet sich noch in der Gewerbeschule. Mit der Akustik dergestalt besonders vertraut geworden, hat dann RÖBER volle fünfundzwanzig Jahre, von 1852 bis 1877, dies Fach in den „Fortschritten" vertreten. Jahrzehntelang ein ständiger Besucher unserer Sitzungen, wiederholt zum stellvertretenden Vorsitzenden erwählt, bei

---

[1]) Vergl. POGGENDORFF's Biographisch-literarisches Handwörterbuch u. s. w. 1863.

unseren Stiftungsfesten ein wirkungsvoller Redner, stand er im Vorgrunde der Gesellschaft und erschien als eine von deren Stützen. Dazu trug noch bei die nähere Beziehung, in die wir damals zur Gewerbeschule dadurch traten, dass RÖBER's Landsmann und College, der Director GALLENKAMP, unser erst im vorigen Jahre verstorbenes langjähriges Mitglied, uns in ihren Räumen vom Berliner Magistrat ein Sitzungslocal erwirkt hatte. Für die meisten unserer jetzigen Mitglieder ist naturgemäss RÖBER nur noch eine geschichtliche Gestalt. Zwar überlebte er zwanzig Jahre und überwand er mit bewunderungswürdiger Standhaftigkeit das grosse Unglück, welches ihm der Krieg brachte, indem sein hoffnungsvoller Sohn HERMANN RÖBER, der sich schon durch eine Reihe schöner Arbeiten auf elektrophysiologischem Gebiet ausgezeichnet hatte[1]), einer im Felde erworbenen Lungenerkrankung erlag. Doch machte das Alter bei AUGUST RÖBER schliesslich seine Rechte geltend. 1874 legte er sein Lehramt nieder. Allmählich verschwand er aus unseren Versammlungen. Zu seinem achtzigsten Geburtstage überbrachte ihm der Vorstand die Glückwünsche der Gesellschaft. Nun bleibt uns nichts mehr von ihm übrig, als die Erinnerung an einen der trefflichsten Männer, an eine typische norddeutsche Natur, wie sein heimisches Wupperthal sie erzeugt, klaren Kopfes, scharfen Denkens, reger Thatkraft, warmen Herzens und treuen Sinns.

Die Anwesenden erheben sich zum ehrenden Angedenken an den Verstorbenen von ihren Sitzen.

[1]) Vergl. REICHERT's und DU BOIS-REYMOND's Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1876, S. 130.

Hr. **Th. Des Coudres** in Leipzig liess durch Hrn. **W. Wien** eine Mittheilung vorlegen:

Ueber scheinbare Widerstandsänderungen des Quecksilbers durch magnetische Kräfte.

Untersuchungen über das thermoelektrische Verhalten des Quecksilbers nöthigten den Verfasser zu einer Betrachtung der hydrodynamischen Bewegungen, welche in einer von galvanischen Strömen durchsetzten Flüssigkeitsmasse auftreten müssen, falls sich die Flüssigkeit in einem magnetischen Felde befindet.

Fassen wir den denkbar einfachsten Fall ins Auge, dass die Flüssigkeit in ein cylindrisches Rohr eingeschlossen ist und *überall* gleichmässig parallel der Axe vom elektrischen Strome durchflossen wird. Der Querschnitt des Rohres sei so klein gegenüber dem Gefälle des Magnetfeldes, dass in allen Punkten eines und desselben Querschnittes praktisch die gleiche magnetische Kraft als herrschend angenommen werden kann. Setzen wir überdies das Rohr als geradlinig voraus, so muss offenbar die rechtwinklig auf der Axe stehende Componente der magnetischen Kraft in *allen* Punkten der Rohraxe ein und dieselbe Grösse und Richtung haben, wenn im Innern der Flüssigkeit keine Wirbelbewegungen auftreten sollen.

Schon verwickelter wird die Gleichgewichtsbedingung, falls es sich um ein gekrümmtes Rohr handelt, wenn die Krümmung auch im Verhältnisse zum Rohrquerschnitte nur so schwach ist, dass die Stromfäden immer noch allenthalben als parallel betrachtet werden können. In diesem Falle müssen zum Beispiele schon im gleichmässigen magnetischen Felde Flüssigkeitswirbel auftreten.

Die Intensität der Wirbel hängt bei gegebener Strom- und Feldstärke wesentlich von den Reibungskoefficienten der Flüssigkeit ab, besonders vom Koefficienten der inneren Reibung.

Als Kompensation der in den Wirbeln verbrauchten Energie wird der galvanische Strom eine Schwächung erfahren. Da aber die Wirbel wegen der Trägheit der Flüssigkeit weder plötzlich entstehen, noch bei Unterbrechung des Stromes sofort verschwinden können, so gilt dasselbe von den durch sie erzeugten elekromotorischen Gegenkräften. Diese Gegenkräfte können in erster An-

näherung der herrschenden Stromstärke proportional gesetzt werden, wirken also wie ein Leitungswiderstand.

Ein flüssiger Leiter wie Quecksilber wird demnach, von gewissen speciellen Fällen abgesehen, im Magnetfelde eine scheinbare Widerstandszunahme erfahren und die scheinbare Widerstandszunahme wird für konstante Ströme grösser sein als für Wechselströme. Bei genügend rascher Periode der Richtungswechsel des Messtromes muss die Widerstandszunahme unter jede beliebige Grenze gedrückt werden können. Dies Verhalten des Quecksilbers hätte eine wenn auch nur äusserliche und scheinbare Aehnlichkeit mit den Verschiedenheiten des Widerstandes von Wismuth in magnetischen Feldern bestimmter Stärke für konstante und für oscillirende Ströme.

Die erwarteten Erscheinungen haben sich mit einfachen Mitteln experimentell vollständig bestätigen lassen. Die vier Seiten eines WHEATSTONE'schen Brückenparallelogramms waren von Quecksilber gebildet, das in 0,4 cm weite Glasrohre von etwa 1,5 m Länge eingeschlossen war. Die grobe Widerstandsabgleichung geschah mit Hülfe eines nach Art der Posaunenzüge verstellbaren U-förmigen Glasrohrstückes in einem der vier Zweige. Zwei in der gewöhnlichen Anordnung der Brückenkombination einander gegenüberliegende Seiten des Vierecks liefen zwischen den Polen eines hufeisenförmigen Elektromagneten hindurch. Derselbe konnte durch einen Strom von mehreren Elementen erregt werden.

Eine derartige Vorrichtung gestattet die scheinbare Widerstandszunahme eines Quecksilberfadens im magnetischen Felde sehr leicht zu demonstriren. Das Galvanometer muss nur empfindlich genug sein, um das Arbeiten mit hinreichend schwachem Maassstrom zu gestatten. Bei Anwendung stärkerer Ströme wirkt die JOULE'sche Erwärmung der Quecksilberleitungen störend. Mit Induktionsströmen und Telephon konnte der Verfasser überhaupt keinen Einfluss der Magnetisirung der beiden Brückenzweige auf die Lage des Tonminimums konstatiren. Die Empfindlichkeit des Telephons für Widerstandsänderungen in der Brückenkombination war jedoch der Empfindlichkeit des Galvanometers weit unterlegen.

Noch bequemer und strenger wird die Richtigkeit unserer Er-

klärung für die Widerstandsvergrösserung unter dem Einflusse des Magneten darum durch folgende Thatsache bewiesen: Sind die Widerstände während konstanter Erregung des Elektromagneten genau so abgeglichen, dass kein dauernder Strom durch das Galvanometer fliesst, so treten doch beim Schliessen und beim Oeffnen des Messstromes bedeutende einmalige Ausschläge des Galvanometers auf in dem Sinne, wie ihn die Theorie verlangt.

Erst durch weitere Versuche wird zu entscheiden sein, ob unter bestimmten Umständen schon der Einfluss des Erdmagnetismus auf einen Quecksilberwiderstand bemerkbar gemacht werden kann. Auch eine Methode zur Bestimmung der Konstanten der inneren Reibung von flüssigen Leitern (Quecksilber und sehr verdünnten Amalgamen etwa) liesse sich vielleicht auf die betrachteten Erscheinungen gründen. In wie weit endlich analoge Vorgänge bei der von Drude und Nernst beobachteten Widerstandszunahme von Quecksilber und geschmolzenem Wismuth im Magnetfelde etwa mitgespielt haben mögen, kann natürlich ebenfalls nur auch durch weitere Untersuchungen entschieden werden.

Mr. Prof. Dr. **Raoul Pictet:**

Description de son laboratoire; premiers résultats obtenus.

Messieurs!

Depuis 1877, époque à laquelle avec des instruments encore assez imparfaits, je pus démontrer qu'il était possible de liquéfier les gaz réputés permanents, j'étais hanté par le désir constant d'établir sur une plus large échelle un laboratoire à basses températures.

En effet j'avais pu me convaincre que la possibilité expérimentale de maintenir les corps à très basses températures et de leur faire subir en même temps des pressions énormes, tout en faisant agir des causes excitatrices, comme l'étincelle électrique, l'effluve, l'électrolyse etc. etc., que cette possibilité, dis-je, ouvrait aux sciences physiques et chimiques un champ nouveau d'investigations du plus haut intérêt.

Hélas pourquoi faut-il que les questions d'argent fassent perdre tant d'années! Les budgets des cabinets de physique, des universités et les ressources ordinaires des particuliers peuvent difficilement couvrir des frais d'installation dépassant de beaucoup cent mille marcs; j'ai donc été forcé d'attendre et de travailler pour me donner la satisfaction, la grande jouissance de réaliser mon rêve.

Après 14 années, j'ai enfin un laboratoire fonctionnant depuis quelques mois d'une façon si exacte et si conforme au programme scientifique que je m'étais proposé, que je désire vous en faire une description sommaire. De plus je vous invite, Messieurs et chers collègues, à venir demain assister à quelques expériences démonstratives.

Le problème à résoudre est celui-ci:

Trouver un système d'appareils permettant de soutirer aux corps en observation la chaleur qu'ils possédent et les maintenir à une température quelconque comprise entre $+20^0$ et -200^0 pendant un laps de temps aussi long qu'on le désire.

En discutant un à un tous les moyens connus aujourd'hui d'enlever la chaleur aux corps: dilatation adiabatique de l'air et des gaz, évaporation des liquides volatils, mélanges réfrigérants basés sur les dissolutions de sels, je suis arrivé à cette conclusion qu'il faut partager le champ des températures en 3 étapes au moins, et se servir exlusivement des liquides volatils comme agents frigorifiques.

Il serait trop long d'énumérer les arguments de cette discussion préliminaire, mais je puis affirmer qu'ils reposent sur une observation rigoureuse des faits, associée aux exigences de la construction mécanique des appareils.

Le choix des liquides volatils a fait aussi l'objet d'un long travail. Je ne donne ici que les résultats de cette étude.

Pour la première étape je choisis comme liquide volatil un mélange d'acide carbonique et d'acide sulfureux appelé „Liquide Pictet". Avec ce liquide je puis obtenir dans de petits réservoirs une température de -90^0 et dans de grands réfrigérants ayant plusieurs mètres de surface une température de -80^0 à -83^0.

Avec l'acide sulfureux pur on ne dépasse pas —60° à —70° dans les mêmes conditions.

Pour la seconde étape je prends comme origine la température du réfrigérant du premier cycle, c'est-à-dire —80°. En noyant dans ce réfrigérant un condenseur, je peux y condenser les vapeurs d'un liquide beaucoup plus volatil et me servir ensuite de ce liquide pour obtenir la seconde chute de température à —130°.

Ici le choix des liquides est encore plus difficile que pour le premier cycle: l'acide carbonique, le protoxyde d'azote, l'éthylène, se présentent avec des avantages et des défauts presqu'égaux.

L'acide carbonique se solidifie trop vite et doit être écarté nécessairement, bien que son prix et son inocuité relative le mettent très au-dessus de ses concurrents.

Restent les deux autres qui s'excluent l'un l'autre, vu les dangers d'explosion, si on les mélange.

J'ai adopté pour le moment le protoxyde d'azote, produit par la décomposition de l'azotate d'ammoniaque, lavé, purifié et desséché.

Il est comprimé dans un tube résistant, noyé dans le réfrigérant du premier cycle et le liquide obtenu s'engage dans un deuxième réfrigérant semblable au premier, qu'il remplit complètement.

En faisant le vide dans ce réfrigérant No. 2 plein du protoxyde d'azote liquide, on le refroidit, le liquide congéle et si le vide est entretenu par des pompes suffisantes la température atteint —130° à 135° à la limite.

Voilà la 2e étape obtenue, car les vapeurs aspirées hors du réfrigérant No. 2 sont sans cesse refoulées dans le condenseur à —80° et y sont liquéfiées à nouveau de telle sorte que ce 2e cycle est fermé comme le premier.

Une fois que le réfrigérant No. 2 est maintenu d'une façon constante à —130° nous pouvons envisager la 3e chute de température.

Le liquide volatil peut-être à choix: l'oxygène pur, l'azote, l'oxyde de carbone, le gaz des marais, mais le meilleur de tous

est incontestablement l'air atmosphérique que nous avons choisi et qui se liquéfie dans les mêmes conditions, à très peu de chose près, que l'azote pur. Nous le comprimerons dans un tube très résistant noyé dans le protoxyde d'azote solide ou dans l'éthylène, et, une fois l'air liquéfié sous une pression qui reste comprise entre 40 et 90 atmosphères, nous le laisserons s'écouler dans le 3e réfrigérant dont la température par le fait de l'évaporation de l'air liquide atteindra —200 à —210^0 de température limite.

Pour bien faire comprendre maintenant le mécanisme et la mise en marche de cet énorme apparcil dont nous venons d'exposer le principe, nous dirons quelques mots des instruments euxmêmes.

Le premier cycle est composé de deux compresseurs à vapeur, de construction solide sans aucune complication mécanique quelconque qui pourrait en rendre la marche incertaine.

Le premier compresseur développe au piston 3 mètres cubes par minute et j'ai supprimé les soupapes d'aspiration en prenant un compresseur à tiroir, de telle sorte que les résistances des gaz à l'introduction sont minimum.

Pour éviter l'écueil des espaces nuisibles, inévitables avec les compresseurs à tiroir, j'ai donné au second compresseur une dimension presqu'égale à celle du premier et j'ai fait communiquer l'aspiration du second compresseur avec la compression du premier compresseur. Les deux compresseurs marchent donc en compound.

On obtient facilement un vide de 758 mill. sur 760 de la pression atmosphérique.

Les vapeurs sont aspirées de deux réfrigérants simultanément: l'un sert pour amorcer le 2e cycle, c'est un grand tube de cuivre long de 3 mètres et demi et ayant 18 centimètres de diamètre, traversé de part en part par un tube de 11 centimètres de diamètre qui servira à la liquéfaction du protoxyde d'azote; l'autre réfrigérant est la chambre froide servant aux expériences comprises entre 0^0 et —80^0. Il est composé d'un grand cylindre de cuivre vertical haut de 1,25 m et de 22 centimètres de diamètre

intérieur. Ce cylindre est double de telle sorte que dans le manchon annulaire compris entre les deux cylindres on peut introduire le liquide volatil et maintenir la chambre centrale à n'importe quelle température par le jeu des vannes et des compresseurs.

Ces deux réfrigérants sont placés dans de grandes caisses de bois pleines de coton pour éviter autant que possible l'action du rayonnement.

Les vapeurs, aspirées par les deux compresseurs successivement, sont comprimées et liquéfiées dans un serpentin noyé dans l'eau de puits, sous une pression variant de 1,5 à 2,5 atmosphères. Le liquide descend dans un réservoir muni d'un tube à niveau en verre ce qui permet de connaître toujours la quantité de liquide qui passe par minute. Par le moyen d'un régleur on laisse le liquide volatil retourner aux deux réfrigérants pour y subir une nouvelle volatilisation.

Afin d'éviter l'entrée de l'air dans le circuit dont une longue partie, ainsi que nous l'avons vu, est soumise à un grand vide, les presse-étoupes des deux compresseurs sont coupés par une chambre intermédiaire et cette chambre est mise en communication directe avec un réservoir muni d'un manomètre à mercure.

On peut au moyen de robinets faire communiquer toutes les canalisations du premier cycle avec ce réservoir et par conséquent y maintenir la pression désirable, soit environ 2 à 3 centimètres de mercure, en plus de la pression atmosphérique. Grâce à cette disposition l'air ne peut plus s'engager le long de la tige du piston lorsqu'elle rentre dans l'intérieur du cylindre et les fuites des vapeurs sont nulles vu la très faible pression des gaz sur les garnitures.

Cet artifice, qui a l'air d'un détail, est de la plus haute importance pratique, car sans cela, l'air s'introduisant sans cesse dans le circuit, la pression des gaz dans le condenseur augmenterait constamment et obligerait à de fréquents arrêts pour des purges devenues nécessaires.

A côté des compresseurs, sur un grand tableau placé contre le mur, j'ai réuni tous les manomètres métalliques et les manomètres à mercure qui leur servent de contrôle. D'un seul coup

d'oeil on a de suite toutes les indications de marche du 1er cycle et la preuve que tout est conforme.

Deux chaudières à vapeur alimentent les compresseurs, elles sont hors du bâtiment dans une annexe pour éviter la poussière et la chaleur.

Le 2e cycle est composé d'abord du grand gazomètre à huile où l'on enmagasine le protoxyde d'azote après sa fabrication, puis d'un appareil à dessécher par l'emploi des basses températures. C'est un cylindre à double enveloppe plein de liquide Pictet, maintenu à —60° ou —65°.

Le protoxyde d'azote gazeux est forcé de traverser ce long cylindre et rencontre dans son passage des plaques de cuivre faisant l'office de chicanes et du coton agissant comme filtre. Tous les cristaux de glace qui se forment pendant le trajet sont fixés par le coton qui ne les lâche plus.

Le protoxyde d'azote sort donc chimiquement pur et sec; il pénètre dans les compresseurs du deuxième cycle qui ont la même dimension que ceux du premier cycle.

Ces deux compresseurs sont reliés ensemble par une forte courroie qui court sur les volants afin d'assurer une marche régulière au système, même lorsqu'il faut comprimer les gaz à 12 et 14 atmosphères.

Les gaz pénètrent dans le premier compresseur, de là dans l'aspiration du second compresseur, puis sous pression dans le tube central qui est noyé à —80° dans le premier réfrigérant.

Suivant la vitesse de marche et les besoins des expériences, la température de condensation varie de telle sorte que les pressions de liquéfaction oscillent entre 3,5 et 14 atmosphères. Les compresseurs conservent leur marche absolument régulière malgré ces grands écarts; lorsque la pression maximum de 14 atmosphères est atteinte, le manomètre du vide à l'aspiration du premier compresseur du 2e cycle indique encore 735 millimètres.

Le protoxyde d'azote liquide entre aussi dans deux réfrigérants de formes semblables aux deux premiers décrits mais plus petits.

Le premier de ces réfrigérants long de 3 mètres est traversé

par un tube de cuivre d'environ 20 millimètres de diamètre intérieur destiné à la liquéfaction de l'air atmosphérique.

Le protoxyde d'azote remplit tout ce tube et baigne les parois du tube central. Les vapeurs sont aspirées incessamment par les deux compresseurs.

Le 2e réfrigérant constitue l'enceinte destinée aux expériences comprises entre —80° et —135°. C'est un cylindre à double enveloppe remplie de liquide volatil. La partie centrale prend naturellement la température des parois.

Comme les vapeurs aspirées sont constamment liquéfiées à nouveau par le jeu des compresseurs, le cycle est fermé, à marche régulière et continue.

Il est donc possible avec les 4 compresseurs de poursuivre pendant des semaines ou des mois même, une expérience double: l'une à —80°, l'autre à —135°, comme limites, sans aucun arrêt, si aucun accident ne survient aux machines fort robustes du reste.

Le 3e cycle est encore intermittent, c'est-à-dire que nos appareils ne peuvent pas donner comme pour les deux premiers cycles une marche continue. Dans le tube central du deuxième réfrigérant nous pouvons comprimer de l'air atmosphérique parfaitement sec à une pression de 200 atmosphères par le moyen d'une presse hydraulique remplie de glycérine refroidie à —20°.

Pour le faire nous commençons par remplir un réservoir d'acier de 72 litres de capacité avec de l'air à 10 atmosphères, ce réservoir communique avec un deuxième réservoir de 11 litres et ce dernier avec le tube central du deuxième réfrigérant. Le tout étant plein d'air à 10 atmosphères, nous comprimons cet air en introdiusant la glycérine sous pression. Lorsque nous avons obtenu 55 atmosphères, nous éliminons le grand réservoir et nous introduisons la glycérine seulement dans le petit cylindre d'acier de 11 litres qui est éprouvé à 300 atmosphères. Ce réservoir d'acier de 11 litres de capacité est entouré d'une enveloppe de tôle que l'on remplit avec un mélange de glace et de sel à —19° afin d'arrêter encore toute trace de vapeur de glycérine ou d'eau.

Dès que l'on est arrivé à 190 ou 200 atmosphères on a déjà dépassé, et de beaucoup, la pression nécessaire à la liquéfaction.

On commence, au début de ces expériences, par garder cette pression plusieures heures, afin de s'assurer de la parfaite étanchéité de tous les appareils sous ces énormes pressions. Lorsque les manomètres restent bien fixes on introduit le protoxyde d'azote dans le deuxième réfrigérant et on abaisse la température progressivement.

On constate alors que la pression indiquée au manomètre recule d'abord très-légèrement, de quelques atmosphères seulement, tant que la température du point critique de l'air n'est pas atteinte, mais aussitôt que le thermomètre indique -120°, alors la pression tombe d'un seul coup à 90 atmosphères et progressivement jusque à 40 atmosphères à -135°.

Si l'on observe que la pression initiale étant 200 atmosphères elle se réduit à 80 ou 90 atmosphères pour une température de -125° on peut en tirer la preuve absolue de la liquéfaction de l'air introduit car le volume des gaz refroidis à l'intérieur du tube de 3 mètres de longueur et de 20 milli. de diamètre correspond à environ 1 litre, tandis que le volume restant dans le réservoir d'acier de 11 litres est encore de 2 litres au minimum.

En refroidissant 1 litre de gaz de 0° à -125° le volume devient

$$v^{-125} = (1 - \tfrac{1}{273}\,125) \text{ litre} = 0{,}542 \text{ litre.}$$

Si la pression reste constante le volume du tube doit se réduire à 0,542 litre; au lieu de cela le volume du tube peut être, sans grande erreur, considéré comme constant, donc la pression finale P serait donnée par la formule:

$$200 \text{ atm.} \times 0{,}542 \text{ litre} = P \times 1 \text{ litre.}$$
$$P = 108{,}4 \text{ atmosphères.}$$

Nous voyons que la pression totale se ramène à 90 atmosphères au maximum au moment de la liquéfaction, donc les 2 litres de réservoir ont envoyé un poids d'air égal à

$$2 \times 1{,}293 \times (200 - 90) \text{ atm.} = 284 \text{ grammes d'air,}$$

qui, ajoutés au poids d'air qui se trouvait dans le tube auparavant égal à:

$$1 \times 200 \times 1{,}293 = 258 \text{ grammes}$$

forment un total d'air liquéfié égal à 542 grammes. Ces chiffres du reste ne sont qu'approximatifs car il faut connaître exactement,

à ces basses températures et sous ces fortes pressions, les variations dans les dimensions du tube, puis calibrer ce tube d'une façon précise.

Quoiqu'il en soit, la loi de MARIOTTE et de GAY-LUSSAC est remplacée ici par la loi des tensions maxima de vapeur, c'est la véritable démonstration expérimentale de la liquéfaction de l'air atmosphérique.

Pour hâter la liquéfaction de l'air et avoir une réserve d'air comprimé sous haute pression, qui permette d'obtenir toutes les 30 minutes un tube d'air liquide, nous employons trois grands réservoirs d'acier, uniques en leur genre, fournis par la maison Berninghaus de Duisburg; ils ont 6,5 m de longueur et 70 centi de diamètre. Ils sont d'une seule pièce en acier MARTINS et peuvent résister à une pression intérieure de 300 atmosphères.

En remplaçant dans quelques mois la presse hydraulique à main par une pompe à vapeur, le 3ᵉ cycle sera aussi complet et fermé et les observations à -200^0 se feront avec la même régularité que celles à -80 ou à -130^0.

L'air liquide en s'échappant du réfrigérant où il est liquéfié prend une superbe couleur bleu de ciel, que ni l'éthylène, ni le protoxyde d'azote ne présente dans les conditions analogues.

Pour résumer tout ce que nous venons de dire nous allons suivre la série des opérations en supposant que les 3 cycles soient en fonctionnement au même moment:

La chaleur soutirée aux corps mis en présence de l'air liquide est cédée à une température comprise entre -150^0 et -210^0, elle est transportée sous forme de potentiel, ou de chaleur latente de vaporisation, dans le réfrigérant No. 2. Là cet air se liquéfie et cède cette chaleur au protoxyde d'azote solide qui le met en vapeur.

La chaleur absorbée par le protoxyde d'azote doit être égale à la chaleur apportée par les vapeurs d'air atmosphérique augmenté de l'effet du rayonnement dans le troisième et le deuxième réfrigérant, effet très considérable comme nous le verrons plus loin.

La chaleur spécifique des gaz comprimés par les pompes, pé-

nétrant dans les réfrigérants, intervient aussi comme apport de chaleur à soutirer.

Les vapeurs de protoxyde d'azote sont comprimées à leur tour dans le premier réfrigérant, apportant avec elles la totalité de la chaleur dont nous venons d'indiquer la provenance et la somme.

Les vapeurs du liquide Pictet qui se forment dans le premier réfrigérant vont porter cette chaleur dans l'eau de puits qui entre à $+10^0$ dans le condenseur et sort à $+15^0$ ou 18^0 dans l'égoût.

Ainsi de -200^0 à $+18^0$ par 3 étapes successives, la chaleur des corps refroidis, s'augmentant de tous les affluents inévitables, s'éleve progressivement à des températures toujours plus hautes et consomme le travail mécanique des divers compresseurs qui accomplissent ces trois cycles.

En somme la dépense du charbon ou travail mécanique a pour effet d'élever de la chaleur d'une température inférieure très basse à la température ambiante et cela avec 3 réservoirs intermédiaires, ou ruptures de charges, comme le ferait une pompe à trois étages qui pomperait de l'eau du fond d'une mine profonde au moyen de 3 canalisations placées à niveaux différents.

Telle est d'une façon générale la disposition mécanique des instruments en fonctionnement dans mon laboratoire et la théorie sur laquelle ils sont basés.

Premiers résultats obtenus.

La première observation que j'ai faite avec ces appareils, dès leur mise en marche, concerne l'étude du rayonnement de la chaleur à basse température.

Ayant refroidi le 1er et le 2e réfrigérant des deux premiers cycles avant que le manteau de coton qui les entoure fût posé, j'observais la vitesse avec laquelle le réchauffement des deux appareils s'effectuait. Je notais le temps et la température.

Cela fait, je fis envelopper soigneusement les réfrigérants d'une couche de 60 centimètres de coton entourée de fortes caisses de bois, le tout sans ouverture permettant la circulation de l'air.

En répétant de nouveau l'expérience, c'est-à-dire en observant la vitesse de réchauffement des dits appareils recouverts de sub-

stances isolatrices, je constatai que le réchauffement s'effectuait pour les très basses températures —135° à —100° à peu près comme si les appareils étaient nus.

Ce n'est que vers —100° et surtout depuis —50° que les deux courbes diffèrent sensiblement.

Ces expériences, qui vont être reprises d'une façon rigoureuse pour établir les nombres des paramètres, m'ont conduit à la formule suivante qui exprime la quantité dQ qui entre dans un élément de temps dt:

$$dQ = \left[\frac{K}{a+T} + \frac{CS}{E}\right][T'-T]dt \quad \text{calories,}$$

dans laquelle.

K et a sont des constantes.

T est la température absolue du réfrigérant.

T' est la température absolue ambiante.

C est la quantité de chaleur qui traverse dans l'unité de temps l'unité de surface ayant l'unité comme épaisseur, de la substance isolatrice.

S est la surface du corps refroidi en contact avec le manteau isolateur.

E est l'épaisseur absolue du manteau isolateur.

t est le temps d'observation.

Le premier terme du second membre varie considérablement avec la valeur de T. Il est possible aussi qûe K et a varient aussi faiblement avec T et soient des fonctions implicites de la température.

On peut admettre que les vibrations de l'éther correspondant aux basses températures traversent les corps plus facilement que les vibrations des températures supérieures. De même que les rayons rouges traversent l'atmosphère chargée de poussières ou de fumée, pendant que les rayons bleus sont absorbés, de même les vibrations plus basses de —130° et —100° traversent le coton, la laine, le bois et sont susceptibles de chauffer un corps froid.

En somme, l'ensemble des vibrations émises par les corps chauds autour de l'enceinte contient toutes les vibrations du 0

absolu jusqu'à la température ambiante T'. Celles qui correspondent à —120°, —100°, —90° sont susceptibles à la fois de traverser presque sans absorption les manteaux isolateurs et de réchauffer un corps ayant —135° —120° —100°.

C'est au moins de cette manière que nous trouvons une explication rationelle des courbes obtenues.

Mesure des températures. Pour mesurer les températures aussi basses que celles que nous atteignons dans les 3 cycles décrits, nous nous servons du thermomètre: hydrogène sec, sous faible pression, environ 400 millimètres.

Nous comparons tous nos themomètres à alcool avec le thermomètre à hydrogène et nous admettons que la loi de MARIOTTE et de GAY-LUSSAC est rigoureuse pour l'hydrogène à ces faibles pressions.

Dès que nous aurons une méthode précise pour contrôler ce postulat, nous modifierons suivant les cas les nombres actuellement admis.

Purification absolue du chloroforme.

A l'instigation très instante de M. le Professeur Geheimrath O. LIEBREICH, nous avons entrepris la purification du chloroforme. Comme on sait, ce corps est très facilement décomposable, il est fabriqué par la réaction du chlorure de chaux sur des alcools de provenances fort diverses et dont la pureté laisse toujours, quoi qu'on fasse, beaucoup à désirer.

Le chloroforme e chloralo contient, lui-aussi, des produits accessoires dont on ne parvient pas à le débarrasser complètement.

Nous avons eu le bonheur de trouver un procédé simple, dont le caractère essentiel est la purification absolue et totale du chloroforme par voie de cristallisations successives à —80° et —100°.

Les cristaux limpides, parfaitement transparents sont constitués par du chloroforme chimiquement pur.

Il faut espérer que les chirurgiens, qui redoutent toujours les narcoses par l'emploi du chloroforme ordinaire, auront maintenant dans les mains un produit qui écartera les dangers de l'anesthésie.

Nous sommes heureux de penser que le premier travail

pratique sorti de notre laboratoire ait pour effet une amélioration réelle dans les moyens de soulager l'humanité souffrante.

Mercure cristallisé.

Nous avons constaté que le mercure se congèle en superbes cristaux ressemblant à des fougères arborescentes lorsqu'on le refroidit lentement, par rayonnement, dans une enceinte froide.

Nous avons photographié ces cristaux dont quelques uns ont jusqu'à 30 millimètres de longueur.

Distillation continue de l'alcool.

Nous avons obtenu par la condensation des vapeurs d'alcool dans le réfrigérant du 1er cycle la distillation continue des moûts en fermentation. Il suffit de faire l'opération de la distillation dans le vide, condenser les vapeurs à très basse température, pour les fixer et ne pas les laisser se perdre dans les pompes à vide, puis renouveler avec du sucre pur la partie transformée en alcool. L'opération a été prolongée plusieurs semaines sans difficulté.

Nous ferons bientôt une nouvelle communication sur les autres résultats obtenus dans notre laboratoire.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 8. Mai 1891.** **Nr. 8.**
Ausgegeben am 15. September 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Nachdem der Kassirer Hr. **G. Hansemann** den Rechnungsabschluss für das abgelaufene Geschäftsjahr vorgelegt, wird ihm Entlastung ertheilt und sein Voranschlag für Einnahmen und Ausgaben des neuen Geschäftsjahres genehmigt.

In der darauf folgenden Vorstandswahl werden sämmtliche Mitglieder des Vorstandes wiedergewählt.

Hr. **R. Börnstein** demonstrirte dann einige

lichtelektrische Versuche

nach Angaben der HHrn. ELSTER und GEITEL unter Benutzung der in WIED. Ann. XLII, 564-567. 1891 beschriebenen Apparate sowie einer neuern Vorrichtung, bei welcher die Entladung durch Bestrahlen von metallischem Natrium erfolgt.

Geschenke.

G. H. DARWIN. On the harmonic analysis of tidal observations of high and low water. S.-A. Proc. of the Roy. Soc. S. 48.

C. LANG. BÜHLER's Hagelstatistik und vorläufige Mittheilung einer sekularen Periode der Hagel und Blitzgefahr. S.-A. Meteorol. ZS. Januar-Heft 1891. S. 6.

R. SISSINGH. Metingen over KERR's Verschijnsel bij Magnetisatie evenwijdig aen het spiegelend oppervlak. Amsterdam 1890. Joh. Müller.

G. Mengarini. Elettrolisi colle correnti alternanti. S.-A. Reale Accad. dei Lincei, Ser. 4, Vol. VI. Seduta del 6 gennaio 1889.

Annuario del Observatorio astronómico nacional de Tacubaya para el año de 1891. Formado bajo la dirección de Ingeniero Angel Anguiano. (Año XI.) México 1890.

Proceedings of the Rochester Academy of Science. Vol. I, Broschure I, page 1-100. Rochester 1890.

E. Pini. Osservazioni meteorologiche eseguite nell'anno 1890 col riassunto composto sulle medisime. (R. Osservatorio astronomico di Brera in Milano.)

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1890. Herausgegeben von dem Königl. Preussischen Meteorologischen Institut durch W. v. Bezold. (Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1890. Beobachtungssystem des Königreichs Preussen und benachbarter Staaten. Heft II). Berlin 1891. A. Asher & Co.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 29. Mai 1891.** **Nr. 9.**
Ausgegeben am 15. September 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **L. Arons** liess durch Hrn. **H. Rubens** folgende Mittheilung machen:

Ein electrolytischer Versuch.

Bringt man in eine electrolytische Zelle, welche $CuSO_4$-Lösung zwischen Kupferelectroden enthält, einen Kupfercylinder, so wird wegen des viel höheren Leitungsvermögens des Metalls ein Theil des durch die Zelle geschickten Stromes im Kupfercylinder verlaufen. An den Stellen, an welchen die Stromlinien in den Cylinder eintreten, wird Kupfer niedergeschlagen werden, an den Austrittsstellen die gleiche Kupfermenge in Lösung gehen. Ist der Kupfercylinder um seine wagerechte Axe leicht drehbar angebracht, so wird er bei Stromschluss zu rotiren beginnen, da die der Anode gegenüberstehende Hälfte schwerer, die andere leichter wird. Da das Leitungsvermögen des Kupfers dasjenige der Lösung so bedeutend übersteigt, kann man sich eines Hohlcylinders bedienen, ohne dass die Zahl der durch das Metall gehenden Stromlinien wesentlich vermindert wird. Dieser Umstand ermöglicht es, eine sehr grosse Beweglichkeit des Cylinders bei ganz roh gearbeiteten Axenlagern zu erzielen. Man kann nämlich die Wanddicke des Hohlcylinders leicht so berechnen, dass der an den Enden geschlossene Cylinder in einer concentrirten $CuSO_4$-Lösung schwimmt,

in Wasser dagegen untersinkt; es lässt sich dann eine Concentration herstellen, in welcher der Cylinder nur eben untersinkt, mithin auf sein Axenlager fast gar keinen Druck ausübt.

Der kleine, der Gesellschaft vorgeführte Apparat bestand aus einem länglichen Glasgefäss mit viereckigem Querschnitt. Der Kupfercylinder, welcher fast die ganze Breite des Kastens ausfüllte, hatte bei einer Höhe von 4,5 cm einen Durchmesser von 10 cm. Die Wandstärke betrug etwa 1,8 mm. An den Enden war er durch eingekittete Hartgummiplatten geschlossen, durch welche die Axe, ein Glasstäbchen von 1 mm Durchmesser, nach beiden Seiten um wenige Millimeter hervorragte. Die Axenlager bestanden aus kleinen dreieckig eingefeilten Hartgummiplättchen, welche an die Wand des Glasgefässes angekittet waren. Der Cylinder drehte sich langsam und continuirlich bei Strömen von 0,1 bis 1 Ampere; die Bewegung verlangsamt sich allmählich, in erster Linie wohl dadurch, dass die Cylinderoberfläche durch die Electrolyse rauh wird; bei längerem Laufen (mehrmaliger ganzer Umdrehung) schien die Bewegung regelmässiger zu werden. Gelegentliche Versuche ergaben eine angenäherte Proportionalität der Umdrehungsgeschwindigkeit mit der Stromintensität. Genauere Versuche waren an dem vorhandenen Apparat nicht auszuführen. Möglicherweise aber könnte das Princip in der Hand eines geschickten Technikers zur Construction eines continuirlichen electrolytischen Electricitätszählers (für Gleichstrom) führen.

Hr. **B. Weinstein** sprach darauf

über das Verhältnis des Kilogramms zu seinem Definitionsbetrag.

Hr. **A. König** demonstrirte einen vom Mechaniker des hiesigen Physiologischen Instituts Hrn. W. Oehmke ersonnenen

Farbenkreisel, bei dem das Verhältnis der Sectoren während der Rotation geändert werden kann.

Das Constructionsprinzip besteht in einer Umkehrung der neuerdings vielfach bei Fernrohr-Ocularen benutzten Schneckenverschiebung an Stelle des Triebes durch Schraube und Zahnstange. Das Nähere wird an anderer Stelle durch Zeichnungen erläutert werden.

Geschenke.

CHRISTIAN HUYGENS. Oeuvres complètes publiées par la société hollandaise des sciences. Tome III. Correspondance 1660-1661. La Haye 1890. Martinius Nijhoff.

A. GENOCCHI. Première partie du chapitre XIII de la Note sur la théorie des residus quadratiques. — L. KRONECKER. Beweis des Reciprocitätsgesetzes für die quadratischen Reste. — Nachruf an PAUL DU BOIS-REYMOND. S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 104.

P. BENOIT. Ueber Differentialgleichungen, welche durch doppeltperiodische Funktionen zweiter Gattung erfüllt werden. (Wissensch. Beilage zum Progr. des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums in Berlin. Ostern 1891.) (2 Expl.)

P. STÄCKEL. Ueber die Differentialgleichungen der Dynamik und den Begriff der analytischen Aequivalenz dynamischer Probleme. S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 107.

P. STÄCKEL. Ueber die Integration der HAMILTON-JACOBI'schen Differentialgleichung mittels Separation der Variablen. Habilitationsschrift der Philos. Facultät der ver. Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg. Halle a./S. 1891.

L. KRONECKER. Ueber die DIRICHLET'sche Methode der Werthbestimmung der GAUSS'schen Reihen. S.-A. Festschrift der Math. Gesellsch. in Hamburg anlässlich ihres 200 jährigen Jubelfestes. Leipzig. B. G. Teubner 1890.

B. SCHWALBE. Ueber die Ausführung der technischen Excursionen im Anschluss an den chemischen und physikalischen Unterricht und die Möglichkeit der Einrichtung eines physikalisch-praktischen Unterrichtes an höheren Schulen. S.-A. Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Aerzte. Bremen 1890.

L. KRONECKER. Die Decomposition der Systeme von n^2 Grössen und ihre Anwendung auf die Theorie der Invarianten. — Ueber orthogonale Systeme. — Ueber Composition der Systeme von n^2 Grössen mit sich selbst. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. vom 6. und 20. Juni 1889, 22. Mai, 5. und 19. Juni, 17. und 31. Juli 1890.

G. E. HALE. Photography of the solar prominences. S.-A. Technology Quarterly. Vol. III, No. 4. November 1890.

L. KRONECKER. Zur Theorie der elliptischen Funktionen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 14. und 28. März, 4. April 1889, 30. Jan., 6. Febr., 13. und 20. März 1890.

— — Ueber eine summatorische Funktion. S.-A. Sitzber. der Berl. Akad. 31. Okt. 1889.

— — Algebraische Reduktion der Schaaren bilinearer Formen. — Algebraische Reduction der Schaaren quadratischer Formen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 27. Nov. 18. Dec. 1890, 8. und 15. Jan. 1891.

— — Zur Theorie der elliptischen Functionen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 31. Jan. 1889.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 12. Juni 1891.** **Nr. 10.**
Ausgegeben am 15. September 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **H. E. J. G. du Bois** sprach:

Ueber Reflexionserscheinungen an gewissen lichtabsorbirenden Körpern.

Die Beobachtungen wurden im senkrecht reflectirten, polarisirten Lichte ausgeführt. Als spiegelnde Körper kamen zur Verwendung: 1) reguläre pentagonal-hemiedrische Krystalle (Pyrit, Cobaltglanz); 2) geschliffene Metalle; 3) stark gespannter Stahl; 4) sog. Kathodenspiegel. Ueber die verschiedenen Resultate wird an anderer Stelle im Zusammenhang berichtet werden

---

Hr. **W. Scheel** berichtete darauf über seine Versuche betreffend

die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur.

Der Inhalt des Vortrages isi bereits veröffentlicht.

Hr. **K. Feussner** sprach

über den Widerstand der Legirungen von Nickel und Kupfer.

Das Referat über diesen Vortrag wird in einer spätern Nummer veröffentlicht werden.

Hr. **Nicolajeff** (a. G.) demonstrirte einige elektrische Versuche.

Geschenke.

L. Kronecker. Ueber die arithmetischen Sätze, welche Lejeune-Dirichlet in seiner Breslauer Habilitationsschrift entwickelt hat. — Bemerkungen über Dirichlet's letzte Arbeiten. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 5. u. 12. April 1888.

— — Zur Theorie elliptischer Funktionen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 21. Febr. 1889.

— — Bemerkungen über die Darstellung von Reihen durch Integrale S.-A. Crelle's Journ. Bd. 105.

— — Ueber den Zahlenbegriff. S.-A. Crelle's Journ. Bd. 101.

— — Ein Fundamentalsatz der allgemeinen Arithmetik. S.-A. Crelle's Journ. Bd. 100.

— — Bemerkungen über die Jacobi'schen Thetaformeln. S.-A. Crelle's Journ. Bd. 102.

Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. | Sitzung vom 26. Juni 1891. Ausgegeben am 15. September 1891. | Nr. 11.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **F. Richarz** (Bonn, auswärtiges Mitglied) sprach:

Zur kinetischen Theorie mehratomiger Gase.

I. Hr. L. BOLTZMANN hat eine Theorie des „Wärmegleichgewichts zwischen mehratomigen Gasmolekeln“ entwickelt [1]), welche zu wesentlichen Voraussetzungen hat, dass die r-Atome einer Molekel als frei bewegliche Massenpunkte angesehen werden, zwischen denen Centralkräfte wirksam sind. Wenn der Schwerpunkt einer Molekel zum Coordinatenanfang gewählt wird, so sind die Coordinaten von $r-1$ Atomen und die Geschwindigkeitscomponenten aller r Atome die unabhängigen Variabeln, welche den Zustand der Molekel bestimmen. BOLTZMANN leitet einen Ausdruck ab für die Wahrscheinlichkeit dW, dass jene unabhängigen Variabeln sich innerhalb gegebener unendlich kleiner Intervalle befinden. Aus dem Werthe für dW zieht er sodann folgende Schlüsse: Der Zustand der Molekel hängt nur von der Temperatur ab. Bei gegebener Lage und Geschwindigkeit ist für jedes Atom jede Richtung gleich wahrscheinlich. Der Mittelwerth einer Function allein der Geschwindigkeiten kann unmittelbar berechnet werden. Bezüglich der lebendigen Kraft ergiebt sich: Der Mittelwerth der gesammten lebendigen Kraft eines Atoms ist gleich dem Mittelwerth

[1]) L. BOLTZMANN, Sitzungsber. d. Wiener Akad., mathem. Cl., LXIII, p. 417, 1871.

der lebendigen Kraft der fortschreitenden Bewegung der ganzen Molekel.

II. Weitere Schlüsse lassen sich ziehen, wenn man den CLAUSIUS'schen Satz vom Virial hinzunimmt[1]). Derselbe gilt für Systeme freier Punkte, bei welchen Coordinaten und Geschwindigkeiten sich nicht fortdauernd im selben Sinne ändern, sondern innerhalb gewisser Grenzen bleiben. Sind L die gesammte lebendige Kraft des Systems, XYZ die Componenten der auf den Punkt xyz wirkenden Kraft, so sind folgende Mittelwerthe, über hinreichend lange Zeit genommen, einander gleich:

$$\overline{L} = -\tfrac{1}{2}\Sigma\overline{(Xx+Yy+Zz)}.$$

Die Σ hat CLAUSIUS das „Virial" genannt. Bei Centralkräften $f(r)$ wird der Satz

$$\overline{L} = \tfrac{1}{2}\Sigma\overline{rf(r)}.$$

Den Virialsatz kann man anwenden erstens auf die innere Bewegung der Atome in der Molekel; zweitens — wie schon von CLAUSIUS geschehen — auf die Bewegung der Molekeln in einem abgeschlossenen Volumen unter dem Einflusse äusseren Druckes p. Es werde angenommen, dass die Molekeln auf einander keine Kräfte ausüben. Die gesammte lebendige Kraft in der Volumeneinheit werde mit A bezeichnet, mit $f(r)$ die Kräfte, welche die Atome derselben Molekel untereinander ausüben. Dann ergiebt der Virialsatz

$$A = \tfrac{3}{2}p + \tfrac{1}{2}\Sigma\overline{rf(r)}.$$

Wird die gesammte lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung aller Molekeln mit A_a, diejenige der inneren Bewegung der Atome mit A_i bezeichnet, so ist $A_i = \tfrac{1}{2}\Sigma\overline{rf(r)}$ und also $A_a = \tfrac{3}{2}p$ wie bei Molekeln, die als materielle Punkte angesehen werden. Bei zweiatomigen Molekeln wird nach BOLTZMANN's Theorie

$$A_i = A_a; \quad \text{also} \quad \Sigma\overline{rf(r)} = 3p.$$

Die zwischen den Atomen wirksame Kraft sei eine Anziehung, umgekehrt proportional der $n$ten Potenz der Entfernung; also

[1]) CLAUSIUS, Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch. XXVII., p. 114, 1870. POGG. Ann. CXLI. p. 125, 1870.

$$f(r) = \frac{c^2}{r^n}; \quad rf(r) = \frac{c^2}{r^{n-1}}.$$

Die potentielle Energie derselben ist dann

$$\varphi(r) = -\frac{c^2}{n-1} \cdot \frac{1}{r^{n-1}} \quad \text{und also} \quad \Sigma\overline{\varphi(r)} = -\frac{1}{n-1} 3p$$

$\Sigma\overline{\varphi(r)}$ ist die negativ genommene Arbeit oder Wärmemenge, welche der Volumeneinheit zuzuführen ist, um die Atome aus der Entfernung r bis in unendliche Entfernung zu trennen, oder die zur Dissociation erforderliche Wärmemenge. Bezüglich dieser liegen für zwei Gase experimentelle Daten vor; für Untersalpetersäure, welche bezüglich ihrer Dissociation aus N_2O_4 in $2 \times NO_2$ sich ganz wie ein 2atomiges Gas verhält, directe Messungen von BERTHELOT und OGIER[1]; für Joddampf eine Berechnung von BOLTZMANN[2] aus Versuchen von MEIER und CRAFTS[3]. Bei Einführung der betreffenden Werthe in die letzte Gleichung ergiebt sich der Exponent n aus der Zahl für N_2O_4 zu $n = 1{,}2$; aus der Zahl für J_2 zu $n = 1{,}3$.

III. Eine zweite Berechnung des Exponenten n folgt aus dem Verhältnisse der specifischen Wärmen.

E sei die gesammte Energie der Volumeneinheit, T die Temperatur. Dann ist

$$\frac{dE}{dT} = \frac{dA_a}{dT} + \frac{dA_i}{dT} + \frac{d\Sigma\overline{\varphi(r)}}{dT}.$$

Mit Hülfe des Satzes vom Virial und des BOLTZMANN'schen Resultates für das Verhältniss von A_a und A_i ergiebt sich bei Molekeln von $\mathfrak{r}$-Atomen

$$\frac{dE}{dT} = \frac{2 + (n-3)\mathfrak{r}}{n-1} \frac{dA_a}{dT}$$

dE/dT ist durch die specifische Wärme C_v bei constantem Volumen, dA_a/dT durch dp/dT und dieses durch $C_p - C_v$ auszudrücken. Es resultirt die Gleichung:

$$2(n-1) = 3(k-1)[2 + (n-3)\mathfrak{r}] \quad \text{wo} \quad k = \frac{C_p}{C_v}.$$

[1] BERTHELOT und OGIER, Ann. d. chim. et d. phys. (5) XXX, p. 382, 1883.
[2] BOLTZMANN, WIEDEM. Ann. XXII, p. 39, 1884.
[3] MEIER und CRAFTS, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. XIII, p. 851, 1880.

Für $\mathfrak{r} = 2$ und $k = 1,41$ wird $n = 6,4$;
für $\mathfrak{r} = 3$ und $k = 1,3$ wird $n = 6,1$.

Die Werthe für n aus den Dissociationswärmen einerseits, und aus dem Verhältniss der specifischen Wärmen andererseits stehen also in Widerspruch. Es müssen also irgendwo unzulässige Annahmen gemacht worden sein. Der Widerspruch lässt sich schon beseitigen, wenn statt des einfachen Ausdruckes für die Kraft zwischen den Atomen ein zweigliedriger von der Form

$$f(r) = \frac{c^2}{r^n} + \frac{d}{r^\nu}$$

eingeführt wird. Dann existirt keine einfache Beziehung zwischen Virial und Potential mehr. Aus Druck, Dissociationswärme und specifischen Wärmen ergeben sich Gleichungen von geringerer Anzahl als Constanten zur Verfügung stehen.

IV. Obwohl also ein einfaches Kraftgesetz unstatthaft ist, sollen doch noch einige Berechnungen über molekulare Grössen durchgeführt werden für die Annahme des Newton'schen Gesetzes bei zweiatomigen Molekeln. Es lässt sich zeigen, dass durch den Zwang, der hiermit den Thatsachen angethan wird, die sich ergebenden Resultate nicht in ihrer Grössenordnung geändert werden.

Der Boltzmann'sche Ausdruck für die Wahrscheinlichkeit dW eines gewissen Zustandsintervalls einer Molekel führt für den Mittelwerth einer Function ψ des Abstandes r der beiden Atome zu dem Resultate $\overline{\psi(r)} = \psi(0)$ wenn $r = 0$ nicht ausgeschlossen wird, und bei Ausschluss von $r = 0$ zu dem unbestimmten Resultate $\overline{\psi(r)} = \psi(\delta)$ wo δ eine sehr kleine Grösse ist.

Der Virialsatz und die Dissociationswärme liefern bei Annahme des Newton'schen Gesetzes Gleichungen für den Mittelwerth von $1/r$, woraus aber nicht unmittelbar auf $\overline{r}$ geschlossen werden kann. Hierzu kann man aber auf einem Umwege gelangen. Die Boltzmann'sche Wahrscheinlichkeit dW liefert einen Ausdruck für die Wahrscheinlichkeit, dass die innere Energie einer Molekel

$$L_i - \frac{c^2}{r} = E_i$$

zwischen E_i und $E_i + dE_i$ liege. Es ergiebt sich, dass Werthe

von E_i, welche nahe $= -\infty$ sind, an Zahl ausserordentlich überwiegen gegenüber allen anderen Werthen. Daraus folgt, dass elliptische Bahnen von sehr kleinen Dimensionen gegenüber allen anderen weitaus am häufigsten sind. Wird für ein Atom der Radius vector zum Schwerpunkt der Molekel mit ϱ bezeichnet, so ist für einen Umlauf und also auch für eine Zeit, welche gegenüber einem Umlaufe gross ist, der Mittelwerth von $1/\varrho$ gleich $1/a$, dem reciproken Werthe der halben grossen Axe. $\overline{1/r}$ ist in einfacher Weise durch $\overline{1/\varrho} = 1/a$ ausdrückbar. Nach dem Satze vom Virial ist $2\overline{L_i} = c^2\overline{1/r}$; es ergiebt sich also eine einfache Beziehung zwischen $\overline{L_i}$, dem Mittelwerth von L_i für einen Umlauf, und a. Aus BOLTZMANN's Theorie lässt sich nun schliessen, dass nahezu kreisförmige Bahnen sehr viel häufiger sind, als gestreckte. L_i wird also während eines Umlaufes bei den meisten Molekeln nicht stark variiren. Es soll dann angenommen werden, dass für den Mittelwerth von L_i über einen Umlauf dasselbe Vertheilungsgesetz gilt, wie für L_i selbst. Letzteres lässt sich nun unmittelbar aus der BOLTZMANN'schen Wahrscheinlichkeit dW berechnen, und bei den gemachten Annahmen ist dadurch auch das Vertheilungsgesetz für die grossen Halbaxen a ermittelt.

Der Mittelwerth von ϱ selbst für einen Umlauf liegt je nach dem Werthe der Excentricität zwischen a und $\frac{3}{2}a$. Vermöge des abgeleiteten Vertheilungsgesetzes von a lässt sich der Mittelwerth von ϱ für alle beliebigen Werthe von a berechnen. Als Resultat dieser Ableitungen ergiebt sich eine Beziehung von der Form $q/\overline{r} = \overline{1/r}$. Der mittlere Abstand der beiden Atome soll nun gleich gesetzt werden dem sogenannten Durchmesser einer Molekel, wie er sich aus der kinetischen Gastheorie ergiebt; also gleich 10^{-8} cm. Ferner soll die Zahl der Molekeln in 1 ccm Gas zu 10^{20} angenommen werden. Dann kann die Constante c^2 der Kraft zwischen den Atomen berechnet werden einerseits aus der Gleichung für die Dissociationswärme $W = c^2\Sigma\overline{1/r}$, andererseits aus der Gleichung, welche der Virialsatz und die BOLTZMANN'sche Beziehung $L_i = L_a$ für den Druck ergiebt: $3p = c^2\Sigma\overline{1/r}$. Die Berechnung, welche selbstverständlich sehr unsicher ist, ergiebt aus den Werthen für W die

Constante c^2 gleich 1 bis 4.10^{-21}; aus den entsprechenden Werthen von p wird $c^2 = 0,1$ bis $1,1.10^{-21}$ C.G.S.

Auch die Umlaufszeit der beiden Atome umeinander lässt sich nach dem 3. KEPPLER'schen Gesetz angeben, wenn der mittlere Abstand und die Constante c^2 bekannt ist. Dieselbe wird cet. par. proportional der Wurzel aus der Dichtigkeit, würde also am kleinsten werden für Wasserstoff, wenn für diesen dieselben Werthe von c^2 und $\overline{r}$ wie oben angenommen werden. Es ergiebt sich dann die mittlere Umlaufszeit $\overline{T} = 0,24$ bis 3.10^{-13} Secunden. Die Zeit zwischen 2 Zusammenstössen einer Molekel mit anderen beträgt für Wasserstoff im Mittel 1050.10^{-13}; es findet also eine grosse Anzahl von Umläufen zwischen 2 Zusammenstössen statt. Die Schwingungsdauer der längsten rothen Lichtwellen ist $2,5.10^{-15}$; sie würde sich also in Anbetracht der Unsicherheit der Rechnungen möglicherweise nicht viel kürzer ergeben, als ein Umlauf der Atome umeinander.

V. Nach der electrochemischen Theorie von Hrn. v. HELMHOLTZ ist jede Valenzstelle mit je einem Elementarquantum positiver oder negativer Electricität beladen. Von den beiden Atomen einer Molekel, welche durch eine Bindung miteinander verknüpft sind, z. B. einer Wasserstoffmolekel, besitzt also das eine ein Elementarquantum positiver, das andere ein Elementarquantum negativer Electricität. Aus dem electrochemischen Aequivalent des Wasserstoffs ergiebt sich, dass die genannte Ladung der positiven beziehungsweise negativen Atome in 1 ccm Wasserstoff bei 0° und Atmosphärendruck 129.10^8 electrostatische C.G.S.-Einheiten positiver beziehungsweise negativer Electricität beträgt. Nimmt man die Zahl der Molekeln in 1 ccm wieder zu 10^{20} an, so folgt die Ladung einer Valenzstelle, das HELMHOLTZ'sche Elementarquantum

$$e = 129.10^{-12} \mathrm{cm}^{\frac{3}{2}} \mathrm{g}^{\frac{1}{2}} \mathrm{sec}^{-1}.$$

Die zwischen den beiden Atomen wirksamen Kräfte würden sein: Erstens die electrostatische Anziehung der Valenzladungen; zweitens die Gravitation ihrer ponderablen Träger. Von dieser hat Hr. v. HELMHOLTZ bereits in der Faraday-Rede gezeigt, dass sie verschwindend klein ist gegen die electrostatische Kraft. Drittens

werden die electrolytischen Ladungen in Folge der Bewegung der Atome auch electrodynamische Kräfte aufeinander ausüben. Unter Zugrundelegung eines der Grundgesetze von WEBER, RIEMANN oder CLAUSIUS, sowie des BOLTZMANN'schen Resultates über das Verhältniss von innerer und äusserer lebendiger Kraft einer Molekel ergiebt sich, dass auch die elektrodynamische Kraft gegen die electrostatische sehr klein ist.

Die electrostatische Kraft würde nun gleich e^2/r^2 sein, und $e^2 = 2.10^{-20}$. Der Werth von e^2 entspricht der Constante c^2, wie sie auf Seite 78 aus der Dissociationswärme resp. aus dem Druck berechnet wurde. Wie man sieht, stimmen beide wenigstens der Grössenordnung nach überein. Bei der grossen Unzuverlässigkeit der Berechnungen wäre es nicht gerechtfertigt, dies als eine sichere Bestätigung der HELMHOLTZ'schen electrochemischen Theorie deuten zu wollen; man wird höchstens sagen dürfen, dass die Grösse der zwischen den Atomen wirksamen Kräfte, wie sie sich aus der HELMHOLTZschen Theorie ergiebt, nicht in Widerspruch steht mit ihrer Grösse, wie sie sich aus der Dissociationswärme und aus dem Druck unter Zuhülfenahme des Virialsatzes ergiebt.

Zum Schluss sei kurz darauf hingewiesen, dass periodische Bewegungen der Valenzladungen der Atome electrische Schwingungen repräsentiren; diese müssen wie eine HERTZ'sche Schwingung electrodynamische Wellen aussenden, welche bei hinreichend schneller Aufeinanderfolge als Wärmestrahlen respective Lichtstrahlen zur Wahrnehmung gelangen müssen.

Ueber einige der vorstehenden Berechnungen wurde bereits in der Sitzung der Niederrheinischen Gesellschaft in Bonn vom 12. Januar d. J. eine vorläufige Mittheilung gemacht.[1]) Eine ausführliche Darstellung soll an anderem Orte erscheinen.

---

[1]) F. RICHARZ, Sitzber. d. Niederrhein. Gesellsch. XLVIII, p. 18. 1891.

Geschenke.

H. HERMITE. Géologie. Principes. Explication de l'époque quaternaire sans hypothèses. Neuchatel 1891. Attinger.

Das Urheberrechtsgesetz. (The law of Copyright) in den Vereinigten Staaten, gültig vom 1. Juli 1891 an. Der englische Text mit deutscher Uebersetzung und Bemerkungen von PAUL GOEPEL. New-York 1891. E. Steiger & Co.

M. WIEN. Das Telephon als optischer Apparat zur Strommessung. S.-A. WIED. Ann. XLII.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 23. October 1891.** **Nr. 12.**
Ausgegeben am 25. Januar 1892.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Die Gesellschaft beschliesst einstimmig ihren ersten Vorsitzenden Hrn. VON HELMHOLTZ am 2. November durch eine Adresse zu begrüssen und genehmigt deren Wortlaut in folgender von Hrn. **W. von Bezold** vorgeschlagenen Fassung:

Hochgeehrter Herr!

Unter den Vielen, welche am heutigen Tage ihre Glückwünsche darbringen, naht sich auch die Berliner Physikalische Gesellschaft, um der Dankbarkeit, Verehrung und Bewunderung Ausdruck zu geben, mit welchen sie zu dem grossen Gelehrten aufblickt, den sie mit gerechtem Stolze zu ihren ältesten Mitgliedern zählt und noch heute als ersten Vorsitzenden an ihrer Spitze sieht.

Schon das erste gedruckte Mitgliederverzeichnis weist Ihren Namen auf, und schon im ersten Bande der von der Gesellschaft herausgegebenen „Fortschritte der Physik" findet sich ein Aufsatz aus Ihrer Feder, der bei Besprechung zweier Abhandlungen von DAVY und LIEBIG über die thierische Wärme die eigenartige, unvergleichliche Schärfe und Klarheit erkennen lässt, mit welcher Sie schon damals an die fundamentalen Fragen über die Erzeugung und Umsetzung der Wärme herantraten, und der helle Schlaglichter vorauswirft auf die Bahnen, die Ihr schöpferischer Geist bald darauf beschreiten sollte.

Thatsächlich hielten Sie auch bereits am 23. Juli 1847 in der Physikalischen Gesellschaft jenen ewig denkwürdigen Vortrag über die Erhaltung der Kraft, und verkündeten damit zum erstenmale in mathematischer Schärfe jenes grosse Naturgesetz, dem sich an Allgemeinheit kein zweites an die Seite stellen lässt, und dessen klarer, strenger Ausdruck wohl als die grösste Errungenschaft gepriesen werden muss unter allen den grossen Erfolgen, deren sich unser Jahrhundert auf dem Gebiete des Naturerkennens mit Recht rühmen darf. Beherrscht doch heut zu Tage das Gesetz von der Erhaltung der Kraft unser ganzes physikalisches Denken und Forschen und dient es uns auch dort als sicherer Faden und Führer, wo wir in der Fülle verwickelter Erscheinungen noch nicht im Stande sind, die Einzelheiten zu enträthseln.

Nicht sehr lange nach jener Zeit legte die Berufung nach auswärts Ihrer unmittelbaren Betheiligung an den Arbeiten der Gesellschaft Schranken auf.

Als Sie aber nach einer an Erfolgen überreichen Reihe von Jahren wieder nach Berlin zurückkehrten, da zögerten Sie nicht, der Gesellschaft von Neuem Ihre thätigste Mitwirkung und Fürsorge zuzuwenden.

Und so sehen wir Sie noch heute als deren ersten Vorsitzenden in gleicher geistiger Frische wie damals, wo die Gesellschaft im Wesentlichen eine Vereinigung jugendlich schaffender und jugendlich strebender Geister war, nicht erlahmend in rastloser Forschung, immer neue Gebiete betretend, immer neue Wege weisend, immer neue Wahrheiten enthüllend, allen später Geborenen voraneilend, mit leuchtender Fackel bis dahin dunkle Pfade erhellend.

Dass Ihnen, hochgeehrter Herr Präsident, diese Forschungskraft und dieser Forschungsmuth noch lange erhalten bleibe, Ihnen selbst, Ihren Angehörigen, Ihren Freunden zur Freude, der Wissenschaft zu Nutz und Frommen, der ganzen Menschheit zu Heil und Segen, dies wünscht, wie Alle, die heute vor Sie treten, aus vollstem Herzen

die Physikalische Gesellschaft
zu Berlin.

Hr. **H. Hänsch** berichtete über die Construction und die Leistungen eines Farbenmisch-Apparates, welchen die Deutsche Gesellschaft für Mechanik und Optik am 2. Nov. Hrn. H. v. Helmholtz überreichen wird.

Hr. **H. Rubens** sprach darauf:

Ueber eine Methode zur Bestimmung der Dispersion ultrarother Strahlen.

Langley hat sich bei der Untersuchung der Energieverteilung im Spektrum der Sonne und andrer strahlender Körper zur Messung der Wellenlänge der ausgesandten Strahlen einer Methode bedient, welche auf Vergleichung des Dispersions- mit dem Diffractions-Spectrum beruht. Es gelang ihm, mit Hülfe derselben für Steinsalz und eine Flintglassorte die Abhängigkeit der Wellenlänge vom Brechungsexponenten experimentell festzustellen und es zeigte sich, dass die gefundene Dispersionskurve erheblich von der durch Extrapolation nach der Cauchy'schen Theorie erhaltenen abwich. Mit wachsender Wellenlänge näherte sich die Kurve mehr und mehr einer Geraden, welche eine konstante Neigung gegen die Axen beibehielt.

Die Beobachtungsweise erfordert jedoch hinsichtlich der Energie des strahlenden Körpers sowie der Qualität des Diffractionsgitters und der Feinheit der angewandten Messinstrumente ausserordentliche Mittel und ist sehr umständlich. In dem Folgenden soll kurz eine Methode mitgetheilt werden, welche auch mit geringern Mitteln schnell und sicher zum Ziele führt.

Die Strahlen eines Linnemann'schen Zirkonbrenners werden durch eine Linse parallel gemacht, von zwei ebenen, durch ein System von Schrauben auf einander gepressten Glasplatten unter 45° reflektirt und schliesslich von einer Cylinderlinse auf dem Spalt eines Spektrometers vereinigt. Im Beobachtungsfernrohr des Instruments erscheint alsdann das Spektrum von vertikalen Interferenzstreifen durchzogen, welche durch den Gangunterschied der an der Vorder- resp. Rück-Wand der Luftschicht reflektirten Strahlen herrühren und zwar werden alle die Farben ausgelöscht, deren

Wellenlänge λ der Gleichung genügt: $m.\lambda = 2\, d.\cos\,\alpha$ worin m eine ganze Zahl, d die Dicke der besagten Luftschicht, α den Reflexionswinkel der Strahlen (in unserm Falle 45°) bedeutet. Da die Wellenlängen, welche den Interferenzstreifen des sichtbaren Spektralgebiets zukommen, als bekannt vorausgesetzt werden dürfen, lassen sich mit Hülfe der Gleichung für einen bestimmten Streifen die beiden Unbekannten m und $2\,d.\cos\,\alpha$ mit grosser Genauigkeit ausrechnen. Gelingt es nun, mit Hülfe eines empfindlichen Linearbolometers die Lage der Interferenzstreifen auch im Ultraroten festzulegen, so liefert uns die obige Gleichung, in welcher nach Bestimmung der Ordnungszahl m und des Plattenabstandes d in der beschriebenen Weise, nur noch die Unbekannte λ enthalten ist, ohne Weiteres die zugehörige Wellenlänge.

Beobachtet man das von Interferenzstreifen der genannten Art durchzogene Wärmespektrum der Zirkonlampe mittelst des Bolometers, so zeigt eine graphische Darstellung desselben, dass nicht nur die Minima, welche den Interferenzstreifen entsprechen, sondern auch die dazwischen liegenden Maxima, welche für das Auge kaum einzustellen sind, genügend scharf hervortreten, um auch ihrerseits bei der Bestimmung der Dispersionskurve Verwendung zu finden. Für die den Maximis zukommende Wellenlänge gilt die Gleichung: $\frac{2m+1}{2}\,\lambda = 2d\cos\alpha$ wenn m und $m+1$ die Ordnungszahlen der benachbarten Minimis sind.

Ein in der beschriebenen Weise beobachtetes, von Interferenzstreifen zerrissenes Energiespektrum, sowie die sich daraus für die Glassorte des Prismas ergebende Beziehung zwischen Brechungsexponent und Wellenlänge werden in Form graphischer Darstellung vorgelegt. Die Dispersionskurve zeigt dieselben Eigentühmlichkeiten, welche in den Beobachtungen von LANGLEY hervortreten.

Der Verfasser beabsichtigt, derartige Messungen an einer grösseren Reihe fester und flüssiger Körper vorzunehmen und gleichzeitig den Gang der Absorption einer sorgfältigen Beobachtung zu unterwerfen.

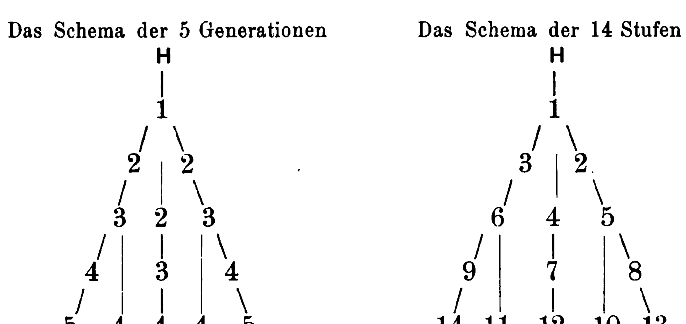
Hr. **W. Preyer** hielt dann einen durch viele Tafeln und Tabellen erläuterten Vortrag:

Ueber das genetische System der chemischen Elemente,

welches die sämmtlichen Familien des MENDELEJEFF'schen Systems in sich aufnimmt und genetisch verbindet. Die Grundvoraussetzung ist die alte bis auf PROUT zurückgehende, dass die schweren Elemente mit grossem Atomgewicht aus den leichteren mit kleinem und schliesslich aus dem Wasserstoff oder Weltäther (welcher vielleicht nur verdünnter Wasserstoff ist) durch Verdichtung hervorgegangen sind.

Weder die von CROOKES in seiner „Genesis der Elemente" noch die von Gustav WENDT in seiner „Entwicklung der Elemente" gegebene Anordnung entsprechen völlig den Thatsachen.

Ordnet man die Elemente nur nach aufsteigendem Atomgewicht in siebengliedrige Perioden, sowie es der Letztgenannte in seinem Entwurf zu einem „Stammbaum der Elemente" im Anschluss an MENDELEJEFF und Lothar MEYER that, jedoch mit einzelnen starken Abweichungen von beiden, so kommt man nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Es müssen auch die Grade der Condensation unterschieden werden, und zwar sind vierzehn Verdichtungsstufen in fünf Generationen zu unterscheiden. Das Schema erläutert:



Aus dem Element 1 entsteht zuerst das Element 2, durch weitergehende Verdichtung 3, durch noch weitergehende (aus H) 4. Aus 2 entsteht 5, aus 3 das Element 6, aus 4 das Element 7; ferner entstehen 8 und 10 aus 5, und 9 und 11 aus 6, sowie 12 aus 7 und schliesslich 13 aus 8 und 14 aus 9. Die Mittelreihe 4, 7, 12

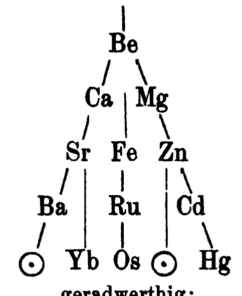
findet sich aber nur da, wo 1 geradwerthig ist. So erhält man 7 Stämme.

I.

H
Li
Ka Na
Rb Cu
Cs Ag
⊙ Dp Sm Au

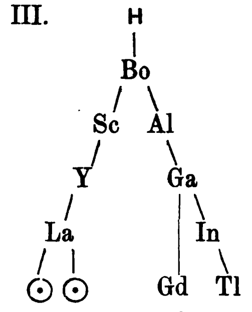
ungeradwerthig;
links- u. rechts positiv;
links para-, rechts dia-magnetisch.

II.



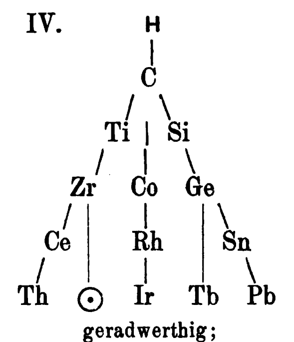
geradwerthig;
links u. rechts positiv;
l. para-, r. dia-magnetisch.

III.



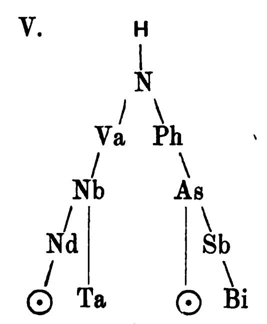
ungeradwerthig;
links- u. rechts positiv;
l. para-, r. dia-magnetisch.

IV.



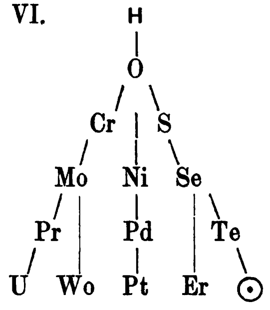
geradwerthig;
links u. rechts ±;
l. u. r. para- u. dia-magnetisch.

V.

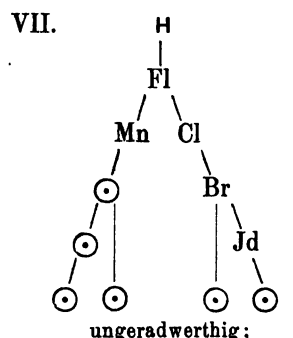


ungeradwerthig;
links und rechts negativ;
l. para-, r. dia-magnetisch.

VI.



geradwerthig;
links und rechts negativ;
l. para-, r. dia-magnetisch.



ungeradwerthig;
links und rechts negativ;
links para-, rechts dia-magnetisch.

Die je 7 Elemente, welche an denselben Orten der 7 Stämme stehen, also dieselbe Stufenzahl (1, 2, 3, ... 14) haben, heissen isotop. Nun zeigen sich sowohl in den Stammreihen, als auch in den (horizontalen) Reihen isotoper Elemente mehrere ganz neue gesetzmässige Beziehungen, welche diesem genetischen System eine sehr grosse Wahrscheinlichkeit verleihen. Namentlich die Atomgewichtsdifferenzen geben, durch die Differenzen der zugehörigen Stufenzahlen dividirt, innerhalb sehr enger Grenzen eingeschlossene und gesetzmässig alternirende Werthe für jede Stufenverdichtung. Das spezifische Gewicht im starren Zustande nimmt zu von 1 zu 2 zu 5 zu 8 zu 13, sowie von 1 zu 3 zu 6 zu 9 zu 14 und von 4 zu 7 zu 12. Das durch die Stufenzahl dividirte Atomvolum nimmt regelmässig ab in jeder Stammreihe von den ältesten Elementen bis zu den jüngsten. Also je grösser die Zahl der durchlaufenen Verdichtungsstufen, um so geringer wird, nach diesem Maasse, der Durchschnittswerth jeder Stufe, was auch im Allgemeinen für das spezifische Gewicht, nicht aber das Atomgewicht gilt. Die Atomwärme nimmt in jeder Stammreihe von der ersten Generation bis zu der letzten zu, die spezifische Wärme durchweg ab, das Product derselben in das spezifische Gewicht, die „Volumwärme", im Allgemeinen ebenfalls ab. Das Product der specifischen Wärme in die Stufenzahl nähert sich dem constanten Werth 0,4. Also muss sich die atomistische Verdichtung, d. h. die Zunahme des Gewichts des Atoms, entgegengesetzt verhalten der molecularen

Verdichtung, welche durch das Zusammenrücken der Moleküle bewirkt wird. Viele durch Zahlen belegte streng regelmässige Beziehungen der isotopen Elemente sprechen ebenfalls für diese Verschiedenheit der Atome und Moleküle bei dem vorausgesetzten Condensationsvorgang. Die ausführliche Begründung wird an anderer Stelle gegeben und da das (von ganz untergeordneten, offenbar auf Beobachtungsfehlern beruhenden sehr seltenen Ausnahmen abgesehen) einzige anomale Verhalten des Natriums und Magnesiums erörtert werden, welche der ersten mehr als Vorreihe anzusehenden Generation am nächsten stehen.

Geschenke.

M. Rajna. Sul Metodo grafico nel Calcolo delle Eclissi solari. S.-A. Rendiconti del R. Instituto Lombardo, Anno 1891, Ser. II. Vol. XXIV, fasc. IX e XI.

Del Meridiano Iniziale e dell'Ora Universale. S.-A. Rendiconto delle Sessioni della R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna. 27. April 1890.

O. Krigar-Menzel und A. Raps. Ueber Saitenschwingungen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 22. Juni 1891.

R. Börnstein. Eine Beziehung zwischen dem Luftdruck und dem Stundenwinkel des Mondes. S.-A. Meteorol. ZS. Mai 1891.

Exposés des raisons appuyant la transaction proposée par l'académie des Sciences de Bologne au sujet du meridien initial et de l'heure universelle. R. Académie des Sciences de l'Institut de Bologna. November 1889.

J. Violle. Lehrbuch der Physik. Deutsche Ausgabe von E. Gumlich, L. Holborn, W. Jaeger, D. Kreichgauer, St. Lindeck. Lieferung 1. Berlin: J. Springer 1891.

// Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. | Sitzung vom 6. November 1891. Ausgegeben am 25. Januar 1892. | Nr. 13.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. Raps** demonstrirte

eine verbesserte selbstthätige Quecksilberluftpumpe,

welche er vor Jahresfrist der Gesellschaft in den Grundzügen mitgetheilt hatte.

Es ist bei derselben besonderes Gewicht gelegt auf den vollständigen Abschluss des Quecksilbers von der feuchten Atmosphäre. Dies wird dadurch erreicht, dass einerseits die ausgepumpte Luft in einen evacuierten, durch Schwefelsäure getrockneten Raum geschafft wird, andererseits das Quecksilber durch einen Gummibeutel von der feuchten Druckluft abgeschlossen wird. Mechanische Verbesserungen gestatten ein sehr schnelles Pumpen, so dass ein Auf- und Niedergang des Quecksilbers in 35 Secunden ohne jede Gefahr für die Glaspumpe ausgeführt werden kann.

Eine anfänglich mit Luft von gewöhnlicher Dichte erfüllte Geissler'sche Röhre wurde vor den Augen der Gesellschaft evacuiert. Mit einem kräftigen Rumkorff in Verbindung gesetzt, fluorescierte die Röhre sehr bald in grünem Lichte und liess dann die Funken nicht mehr durchgehen.

Eine nähere Beschreibung der Pumpe befindet sich in Wied. Annal. Bd. 43, S. 629, 1891.

Hr. **E. du Bois-Reymond** legt eine von Hrn. Oswald Gerloff in Göttingen aufgenommene Photographie des lebenden menschlichen Augenhintergrundes vor.

Hr. **A. Kundt** referirte über einen von Hrn. L. Zehnder construirten Interferenzrefractor (Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1891 S. 275).

Geschenke.

E. Riecke. Das thermische Potential für verdünnte Lösungen. S.-A. Wied. Ann. XLII.

— — Ueber elektrische Ladung durch gleitende Reibung. S.-A. Wied. Ann. XLII.

— — Moleculartheorie der Diffusion und elektrolytische Leitung. S.-A. Göttinger Nachrichten 1890, No. 16. 31. December.

— — Nachträgliche Bemerkung zu dem Aufsatze über specielle Fälle von Gleichgewichtserscheinungen eines aus mehreren Phasen zusammengesetzten Systems. S.-A. ZS. f. phys. Chem. VII.

E. C. Pickering. Variable Star of Long Period. (The astronomical Observatory of Harvard College). Cambridge 1891. John Wilson and Son.

H. Knoblauch. Ueber die Polarisation der strahlenden Wärme durch totale Reflexion. Nova Acta der Kgl. Leop. Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher LV, No. 4. Halle 1890.

A. Raps. Selbstthätige Quecksilberluftpumpe. S.-A. Wied. Ann. XLIII.

A. Heller. Beiträge zum Problem der Materie. S.-A. Math.-Naturw. Ber. aus Ungarn VIII.

E. H. Amagat. Recherches sur l'élasticité des solides et la compressibilité du mercure. S.-A. Annales de chémie et de physique (6) t. XXII.

K. E. Zetzsche. Der Betrieb und die Schaltungen der elektrischen Telegraphie. H. 3, 4. u. 5. Abtheilung.

# Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 20. November 1891.** Nr. 14.
Ausgegeben am 26. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. du Bois-Reymond** sprach:

Ueber den elektrischen Drehstrom.

Sobald elektrische Arbeitsübertragungen in grösserem Maassstabe ausgeführt wurden, erkannte man, dass die Länge, bis zu welcher man wirthschaftlich brauchbare Leitungen bauen könnte, durch die grösste Klemmenspannung begrenzt sei, bei welcher man Dynamo-Maschinen mit praktischer Sicherheit betreiben konnte. Gleichstrommaschinen gestatten in Folge der nothwendigen Eigenthümlichkeiten ihrer Bauart Spannungen bis etwa 1000 Volt, wonach die maximale Entfernung bis zu welcher die Uebertragung grösserer Leistungen noch wirthschaftlich ausführbar war, etwa 10 km betrug. Wechselstrommaschinen eignen sich sehr viel besser als Gleichstrommaschinen zur Erzeugung von hohen Spannungen, ausserdem kann man die Spannung, bei welcher Wechselstromanlagen arbeiten durch Inductorien, in der technischen Sprache „Transformatoren“ genannt, nach Belieben verändern. Daher bestand bisher ein lebhaftes Bedürfniss nach einem Motor, welcher den technisehen Anforderungen genügte und durch Wechselstrom zu betreiben sei. Der Lösung dieser Aufgabe ist man um einen grossen Schritt näher gekommen durch die Erfindung des sogenannten Drehstroms, welche durch die amerikanische Patentschrift No. 381968 von Hrn. Nicola Testa, angemeldet am 12. October 1887 und fast gleichzeitig durch die Abhandlung:

„Rotationi elettrodinamiche prodotte par mezzo di correnti alternate“ von Hrn. GALILEO FERRARIS, Turin den 18. März 1888, zuerst bekannt gemacht wurde.

Hr. FERRARIS erregte zwei gleiche Solenoïde, deren magnetische Axen in einer Ebene lagen und rechte Winkel einschlossen durch zwei Ströme, deren Intensitäten wie ein Sinus und wie ein Cosinus der Zeit verändert wurden. Wenn man die beiden so erzeugten magnetischen Felder nach dem Parallelogramm der Kräfte combinirt, so erhält man ein resultirendes Feld von unveränderlicher Intensität, welches mit unveränderlicher Winkelgeschwindigkeit um den Schnittpunkt der beiden Componirenden als Mittelpunkt rotirt und zwar mit einer Geschwindigkeit von einer Umdrehung während einer Periode der erregenden Wechselströme. Bringt man in das so erzeugte rotirende Feld eine leicht drehbar aufgehängte Kupfertrommel, so wird sie von dem rotirenden Felde mitgenommen, ebenso wie die ARAGO'sche Scheibe von dem rotirenden Stahlmagnet. Ueberhaupt lassen sich mit Hülfe des FERRARIS'schen rotirenden Feldes alle Erscheinungen beobachten, welche an einem rotirenden Magneten wahrgenommen werden.

Dasjenige welches man in der Technik heute unter „Drehstrom“ versteht, ist wenig mehr als eine formale Ausbildung des von Hrn. FERRARIS angegebenen Apparates.

Zunächst lässt sich das Princip der Erregung des rotirenden Feldes allgemeiner darstellen. Wenn man die beiden Hälften der beiden FERRARIS'schen Spulen getrennt auffasst, so erhält man vier längs des Cylindermantels in gleichen Abständen von einander angeordnete Leiter oder Bündel von Leitern, welche vier Wechselströme führen, welche um je ein Viertel ihrer Periode gegeneinander zeitlich verschoben sind. Man kann mit demselben Erfolg n Leiter oder Leiterbündel anordnen, welche räumlich um je ein n^{tel} der Peripherie von einander entfernt sind und n Wechselströme führen, welche zeitlich um je $1/n$ ihrer Periode gegen einander verschoben sind. Die kleinste brauchbare Zahl ist drei.

Ein System von n Wechselströmen gleicher Amplitude und Periode, welche der Zeit nach um je $1/n$ ihrer Periode gegeneinander verschoben sind, nennt man „Drehstrom“, d. h. nicht ein

Strom welcher sich dreht, sondern ein System von Strömen welches dreht, nämlich das von ihnen erzeugte magnetische Feld.

Der von Hrn. Ferraris beschriebene Apparat wird ein technisch verwendbarer Motor, wenn man den Weg, welchen die in dem System erzeugten magnetischen Kraftlinien zu durchmessen haben, möglichst mit Eisen erfüllt. Man ordnet etwa die den Drehstrom führenden Leiterbündel in Form von Spulen auf einem feststehenden Ringe an, der zur Vermeidung schädlicher Inductionsströme aus einer Anzahl von auf einander geschichteten und mit Papier oder Oelfarbe von einander isolirten Eisenblechringen besteht. Der hohle Kupfercylinder des Ferraris'schen Apparates wird ebenfalls mit einem Kern von solchen von einander isolirten Eisenblechen angefüllt.

Sobald aber Eisen im System gegenwärtig ist, zeigt sich, dass die Intensität und Winkelgeschwindigkeit des resultirenden Feldes in Wirklichkeit keineswegs unveränderlich sind. Wenn man nach der angegebenen Regel aus einer Anzahl von componirenden Feldern ein resultirendes Feld zusammensetzt und die Intensitäten der Componirenden durch Erregung mit Gleichstrom stufenweise entsprechend Phasen von gleichem zeitlichen Abstande verändert, so erhält man resultirende Felder, welche wesentlich verschiedene Intensitäten zeigen und wesentlich verschiedene Winkel mit einander einschliessen. Die Intensitäten der resultirenden Felder und die von ihnen eingeschlossenen Winkel nähern sich aber umsomehr constanten Werthen, je mehr componirende man zu einem resultirenden Felde zusammensetzt.

In der Praxis ist man mit Rücksicht auf die Ausführungskosten einer Anlage darauf angewiesen die kleinste mögliche Zahl von Leitungen anzuwenden d. h. drei, andrerseits aber ist die Constanz der Intensität und Geschwindigkeit des im Motor erzeugten Feldes eine wesentliche Bedingung für seine Brauchbarkeit. Die einzelnen Stromstärken eines Drehstromsystems lassen sich durch folgende Abdrücke definiren:

$$a.\sin 2\pi \frac{t}{T},$$

$$a.\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{n}\right),$$

$$a.\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2}{n}\right),$$

$$a.\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{3}{n}\right),$$

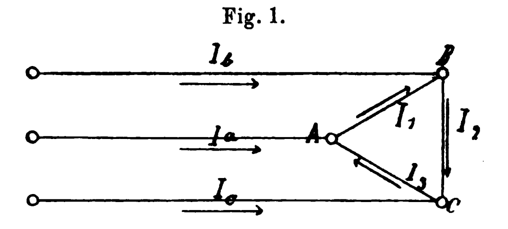
$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$a.\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{n-1}{n}\right),$$

worin a eine Constante, t die Zeit, n die Anzahl der Ströme und T die Dauer der Periode bedeuten. Die Summe aller dieser Ausdrücke ist Null.

Daher kann man an irgend einem Querschnitt des Systems sämmtliche Leitungen in einem Punkte zusammen führen oder überhaupt unter einander verbinden, ohne etwas wesentliches zu ändern. Hat man etwa drei Leitungen (Fig. 1), in welchen die drei

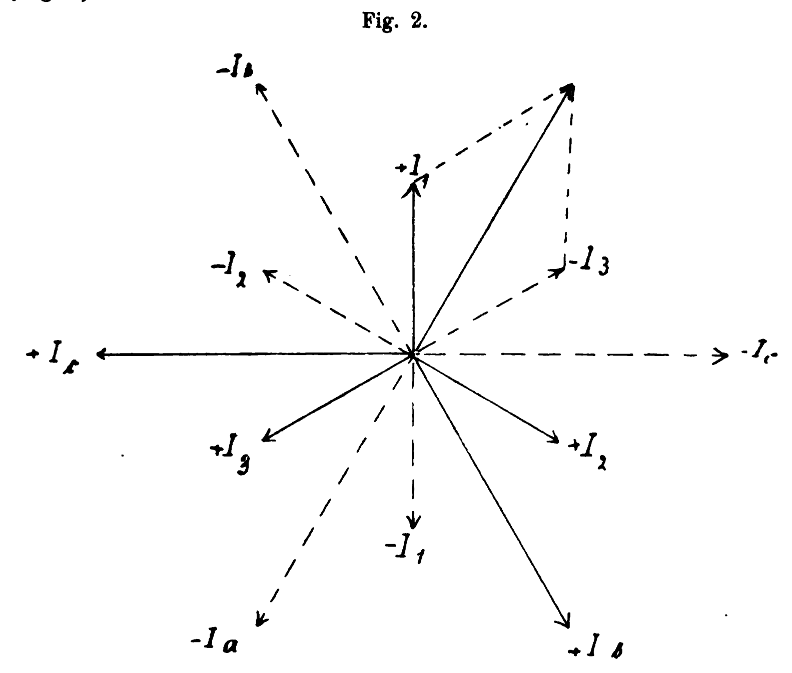
Fig. 1.



Wechselströme I_a I_b I_c fliessen, verbindet man einen beliebigen Punkt A der ersten Leitung mit einem naheliegenden Punkt B der zweiten Leitung und einem ebenfalls naheliegenden Punkt C der dritten Leitung und verbindet man weiter die Punkte B und C, so hat man ein System welches sechs Ströme enthält, nämlich die ursprünglichen drei Ströme I_a I_b I_c und die drei zwischen den Punkten A und B, B und C, C und A fliessenden Ströme, welche I_1, I_2, I_3 heissen mögen. Die Ströme I_1 I_2 I_3 werden gleiche Amplituden haben und um gleiche Phasenunterschiede gegen einander verschoben sein, weil alle drei unter völlig gleichen Bedingungen zu Stande kommen. Sie lassen sich also geometrisch durch

ein Polardiagramm ausdrücken, welches aus drei gleich langen Strahlen besteht, die mit einander Winkel von 120° einschliessen. (Fig. 2).

Fig. 2.



Nennen wir bei den drei Hauptströmen I_a I_b I_c die Richtung nach den Verzweigungspunkten A, B, C hin, und bei den drei Zweigströmen die Richtung von A nach B, von B nach C und von C nach A positiv, so ist:

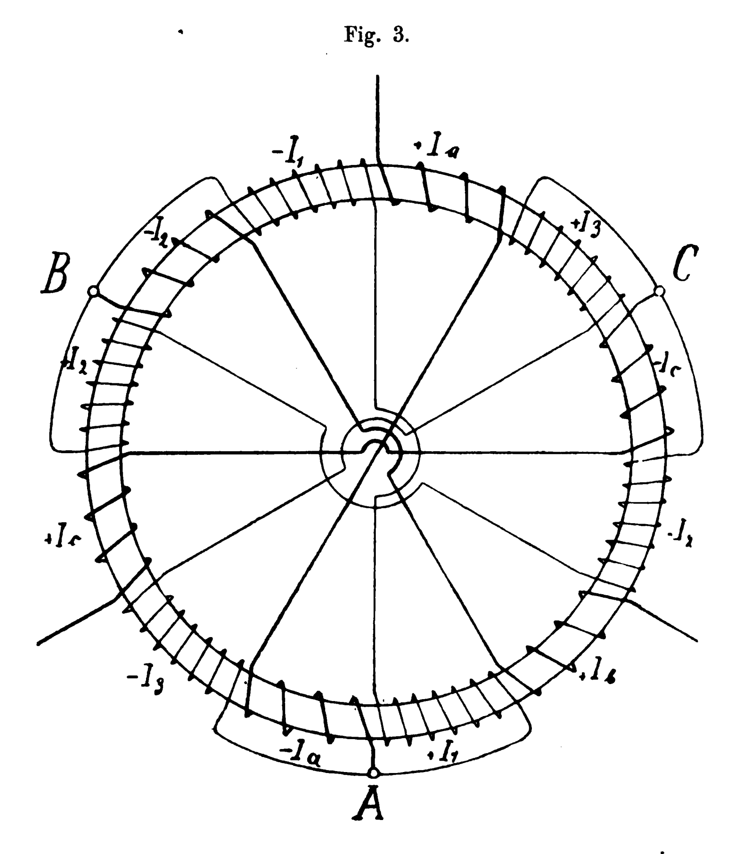
$$I_a = I_1 - I_3,$$
$$I_b = I_2 - I_1,$$
$$I_c = I_3 - I_2.$$

In unserem Diagramm können wir diese Additionen ausführen indem wir I_1, I_2, I_3 um sich selbst über den Nullpunkt hinaus verlängern und die Diagonalen von Parallelogrammen zeichnen, deren Seiten die in den Gleichungen vorkommenden Summanden sind. Fügt man noch die negativen Werthe der Hauptströme I_a I_b und I_c hinzu, so hat man zwölf Ströme, welche um je ein Zwölftel der Periode gegeneinander zeitlich verschoben sind und

zu deren Zuführung doch nur drei Leitungen nöthig sind. Die negativen Ströme werden nämlich in der Praxis in der Weise verwerthet, dass man die betreffende Spule zerlegt und die beiden Hälften diametral einander gegenüber anordnet und gegen einander schaltet.

Aus dem Diagramm geht aber auch hervor, dass die Amplituden der Ströme nicht gleich sind, sondern dass die Amplituden der Ströme I_a I_b I_c sich zu den Amplituden der Ströme I_1 I_2 I_3 verhalten, wie $\sqrt{3} : 1$. Um daher gleich grosse componirende Kräfte zu erhalten, muss man die Windungszahlen in den zugehörigen Spulen so wählen, dass sie sich verhalteu wie $1 : \sqrt{3}$. So ergiebt sich die beifolgende Schaltung (Fig. 3), welche gestattet mit nur

Fig. 3.



drei Zuleitungen ein rotirendes Feld von praktisch constanter Intensität und Winkelgeschwindigkeit zu erzeugen.

Man kann ein Drehstromsystem noch in einer anderen Art verwenden, um Motoren herzustellen, deren Umdrehungsgeschwindigkeit von der Periode der zugeführten Wechselströme unabhängig ist. Versieht man den Anker einer Gleichstrommaschine gewöhnlicher Construction mit drei Bürsten, welche den drei um je 120° von einander entfernten Punkten des Commutatormantels anliegen und verbindet die drei Bürsten mit drei Leitungen, welche drei Wechselströme zuführen, die der Zeit nach um je ein Drittel ihrer Periode verschoben sind, so wird in dem Anker ein rotirendes Feld erzeugt. Die Bewegung dieses rotirenden Feldes ist offenbar ganz unabhängig von einer etwaigen drehenden Bewegung, welche dem Anker selbst ertheilt werden könnte. Umgiebt man nun diesen Anker mit einem Ringe, in welchem durch dasselbe Drehstromsystem ein zweites in demselben Sinne rotirendes Feld erzeugt wird, so wird die relative Lage der beiden Felder nur von der relativen Lage derjenigen Punkte der beiden Wickelungen abhängen, welchen die Ströme zugeführt werden. Durch Verdrehung des Bürstenhalters, während der äussere Ring feststeht, kann man die beiden Felder jeden beliebigen Winkel mit einander einschliessen lassen. Giebt man den beiden Feldern eine geeignete relative Lage zu einander, so erzeugen sie ein Moment, welches den inneren Anker zu drehen strebt, wenn der äussere festgehalten wird und welches sowohl von der Geschwindigkeit, mit welcher sich die beiden Felder drehen, wie von dem Sinne ihrer Drehung unabhängig ist.

Geschenke.

F. Horn und C. Tillmann. Beobachtung über Gewitter in Bayern, Württemberg, Baden und Hohenzollern während des Jahres 1890. — C. Lang. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland während des Jahres 1890. — F. Erk. Die Windhose vom 27. Juni 1890 am Südabhange der Daxsteiner Höhe. — F. Lingg. Meteore und Erdbeben im Jahre 1890. S.-A. Beobachtungen der Meteorologischen Stationen im Königreiche Bayern XII, Jahrg. 1890.

G. Kirchhoff. Gesammelte Abhandlungen. Nachtrag. Herausgeg. von L. Boltzmann, Leipzig, J. A. Barth 1891.

W. Preyer. Die Organischen Elemente und ihre Stellung im System. Wiesbaden: J. F. Bergmann 1891.

G. Meyer. Bestimmung des Moleculargewichtes einiger Metalle. S.-A. ZS. f. physik. Chemie VII. 1891.

— — Ueber die elektromotorischen Kräfte zwischen Glas und Amalgamen. Wied. Ann. XL, 1891.

K. Singer. Die Witterung in Süddeutschland 1861-1890. Kurze monatliche Uebersichten. S.-A. Beobacht. d. Meteorol. Stationen im Königreiche Bayern XII, 1890.

C. Lang. Säculare Schwankungen der Blitz- und Hagelgefahr. S.-A. Beobacht. d. Meteorol. Stationen im Königreiche Bayern XII, 1890.

A. McAdie. Mean temperatures and their corrections in the United States. Published by authority of the Secretary of War. Washington City: Signal Office. 1891.

O. E. Meyer. Ein Verfahren zur Bestimmung der inneren Reibung von Flüssigkeiten. S.-A. Wied. Ann. XLIII, 1891.

K. Mützel. Ueber innere Reibung von Flüssigkeiten. S.-A. Wied. Ann. XLIII, 1891.

H. Scheffler. Die Hydraulik auf neuen Grundlagen. Leipzig. F. Förster. 1891.

R. Clausius. Die mechanische Wärmetheorie. 3. Band, herausgeg. von M. Planck und C. Pulfrich. (2. Lfg.). Braunschweig. F. Vieweg und Sohn. 1891.

C. Lang u. K. Singer. Die Schneedecke in Bayern im Winter 1889/90. S.-A. Beobacht. der meteorol. Stationen im Königreich Bayern. Hrsg. von C. Lang u. F. Erk. Bd. XII, Jahrg. 1890.

H. Kayser u. C. Runge. Ueber die Spectren der Elemente. Vierter Abschnitt. Abh. d. Kgl. Preuss. Akad. z. Berlin vom Jahre 1891.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 4. December 1891.** Nr. 15.
Ausgegeben am 26. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. H. von Helmholtz.

Hr. **R. Assmann** sprach:

Ueber die Demonstration eines Aspirations-Meteorographen für Ballonzwecke.

Seit den epochemachenden Untersuchungen von Glaisher und Welsh in der Zeit zwischen 1853 bis 1865 sind strengwissenschaftliche Beobachtungen mittels des Lnftballons nicht mehr ausgeführt worden. Unsere Kenntniss der physikalischen Vorgänge in den höheren Schichten der Atmosphäre beruht daher auch heute noch nahezu ausschliesslich auf diesen mit unübertrefflicher Sorgfalt und Energie unternommenen Forschungen. Seit der Erfindung und Einführung des Assmann'schen Aspirations-Psychrometers lernte man aber eine Reihe von Fehlern kennen, welche allen bisherigen Beobachtungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft anhaften. Da dieselben vornehmlich auf dem Einflusse der Strahlung und mangelnden Ventilation beruhen, mussten sie mit zunehmender Strahlungsintensität und verringerter Ventilation wachsen. Beide Fehlerquellen sind aber im freifliegenden Luftballon im höchsten Maasse wirksam; eine Wiederholung und Kontrolle der bisherigen Beobachtungen, unter Vermeidung der früheren Fehler muss deshalb als dringend nothwendig bezeichnet werden.

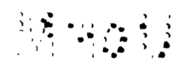
Der Vortragende hat seit einem Jahre umfangreiche Arbeiten auf diesem Gebiete in die Hand genommen, nachdem die Kgl. Akademie der Wissenschaften einen Betrag von 2000 Mk. zu diesem Zwecke bewilligt hatte.

Die Untersuchungen wurden sowohl im Freiballon, als auch mittels des Fesselballons ausgeführt. Schon WELSH und GLAISHER hatten versucht, durch Verwendung aspirirter Thermometer die Einflüsse der Strahlung und mangelnden Ventilation zu beseitigen, liessen jedoch die in Verwendung genommene Methode bald wieder fallen, da sie keine principiellen Unterschiede gegenüber den in gewöhnlicher Weise aufgestellten Thermometern fanden; ja, sie schlossen aus dieser Uebereinstimmung, dass die Beobachtungen als fehlerfrei zu betrachten seien.

Eigene Untersuchungen des Vortragenden im Freiballon mit seinem, ohne Kenntniss von den analogen Apparaten WELSH's konstruirten Aspirations-Psychrometer führten bald zu dem Ergebnis, dass Beobachtungen im Korbe des Ballons selbst, wie sie von WELSH und GLAISHER vorgenommen waren, mit erheblichen Fehlern behaftet sind. Aber auch ausserhalb des Korbes war der Einfluss der Wärme-Konvektion von der bestrahlten Korbwandung her noch so beträchtlich, dass man den Apparat in einer Entfernung von 1,5 m aufhängen und mittels eines Fernrohres ablesen musste, um völlig sichere Resultate zu erzielen. Simultane Vergleichungen mit dem bisher seit GLAISHER ausschliesslich in Verwendung genommenen „Schleuderpsychrometer" ergaben erhebliche „Strahlungsfehler" dieses Instrumentes, welches bis zu 3° höhere Angaben lieferte, als das Aspirations-Psychrometer.

Ausser diesen für die Erforschung der höheren Luftschichten bestimmten Fahrten im Freiballon wurden in Charlottenburg methodische Untersuchungen der unteren Regionen bis zur Höhe von 800 m mittels des dem „Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt" gehörigen Fesselballons „Meteor" vorgenommen. Sowohl der Kostenersparniss, als auch der leichteren Handhabung wegen sollten an Stelle eines Beobachters selbstregistrirende Apparate funktioniren.

Der Vortragende hat nach jahrelangen Experimentir-Arbeiten



einen derartigen Apparat konstruirt, welchem wegen der Anwendung seines, als unerlässlich erkannten Aspirations-Principes der Name „Aspirations-Meteorograph“ zukommt. Die wesentlichste Schwierigkeit bei dessen Konstruktion bestand in einer solchen Führung der schreibenden Federn, dass alle die durch die schnellen und heftigen Bewegungen des vom Winde hin- und hergeschleuderten Ballons entstehenden Stösse unwirksam gemacht werden. Durch Verwendung horizontal gespannter Ketten und sorgfältige Aufhängung genau äquilibrirter Schreibfedern gelang es, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, sodass die bisher erhaltenen Kurven allen Ansprüchen genügen. Der Apparat, vermöge eines kleinen Elektromotors kräftig aspirirt, ist von dem Einflusse der Wärmestrahlung völlig unabhängig; er registrirt den Druck, die Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft in der Weise, dass selbst ganz kurze Schwankungen noch wahrgenommen werden können.

Von den bisher erhaltenen zahlreichen Kurven wurden einige der interessanteren vorgelegt; weitergehendes Interesse erregte besonders eine derselben, welche zeigte, wie die Temperatur innerhalb einer geschlossenen Wolkendecke bis zu deren oberen Grenze schnell abnimmt, unmittelbar über derselben aber unter dem Einflusse direkter und reflektirter Wärmestrahlung ganz ausserordentlich ansteigt. Gleichzeitig sinkt die relative Feuchtigkeit um einen erheblichen Betrag. Zugleich konnte konstatirt werden, dass die Wolkendecke die Grenze zweier in Richtung und Stärke erheblich verschiedener Windsysteme bildete. Hiermit waren unmittelbare Beweise für die Richtigkeit der von Hrn. v. Helmholtz auf theoretischer Basis aufgebauten Anschauungen über das Auftreten von „Wolkenwogen“ geliefert. Weiterhin wurde über die gleichzeitige Vornahme von Freifahrten- und Fesselballon-Registrirungen berichtet, welche bisher in zwei Fällen höchst interessante Resultate geliefert haben. Als weiteres Ziel bezeichnete der Vortragende die Aufhängung eines Registrir-Apparates an einem 500 m langem Seile unterhalb des Freiballons, gleichzeitige Verwendung des zweiten Registrirapparates im Fesselballon in 800 m Höhe, während methodische Ablesungen von den Beobachtern im Freiballon und an

der Erdoberfläche ausgeführt werden. So werde man einen vierfachen Querschnitt durch die Atmosphäre erhalten, dessen Resultate von höchstem Werthe sein müssten.

Hr. **W. Wolff** berichtete dann

Ueber die Haltbarkeit einer Accumulatoren-Batterie.

Geschenke.

G. NEUMAYER. Die internationale Polarforschung 1882—1883. Die Deutschen Expeditionen und ihre Ergebnisse. Bd. I.: Geschichtlicher Theil, herausgegeben im Auftrage der Deutschen Polar-Kommission. Berlin 1891, A. Asher & Co.

G. KIRCHHOFF. Vorlesung über mathematische Physik. Bd. III.: Elektricität und Magnetismus, herausgegeben von M. PLANCK. Leipzig 1891, B. G. Teubner.

„WATERDALE". Fresh Light on the dynamic action on de Ponderosity of Matter. London 1891, Chapmann and Hall.

E. MACH. Leitfaden der Physik für Studirende. Prag, Wien u. Leipzig 1891, F. Tempsky und G. Freytag.

G. PIZZIGHELLI. Handbuch der Photographie für Amateure und Touristen. Bd. I.: Die photographischen Apparate. Halle a. S. 1891, W. Knapp.

J. G. MAC GREGOR. On the density of weak aqueous solutions of certain Sulphates. S.-A. Trans. of Roy. Soc. Canada. Sect. III. 1890.

J. G. MAC GREGOR. On a test of Ewing and MAC GREGOR's method of measuring the electrical resistance of electrolytes. S.-A. Trans. of Roy. Soc. Canada. Sect. III. 1890.

O. FRÖLICH. Ueber das Ozon, dessen Herstellung auf elektrischem Wege und dessen technische Anwendungen. S.-A. Elektrotechn. Zeitschr. 1891, Heft 26.

J. G. MAC GREGOR. On some lecture experiments illustrating properties of saline solutions. S.-A. Nova-Scotian Inst. of Science 1890—91.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 18. December 1891.** **Nr. 16.**
Ausgegeben am 26. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **B. Schwalbe** hält folgende Ansprache:

Meine Herren!

Wiederum hat die physikalische Gesellschaft den Verlust eines ihrer ältesten Mitglieder zu beklagen.

Am 11. December 1891 verstarb im Alter von 81 Jahren

J. W. Ewald,

Mitglied der Königl. Akademie der Wissenschaften.

Wenn er auch nicht zu den Gründern der Gesellschaft gehörte, so war er doch einer der ersten, welcher der neugebildeten kleinen physikalischen Vereinigung schon im Jahre 1845 beigetreten war; seit dieser Zeit finden wir seinen Namen ohne Unterbrechung unter den Mitgliederverzeichnissen der sich immer mehr erweiternden Gesellschaft. Freilich lagen seine Studien weit ab von dem jetzigen Gebiete der reinen Physik; aber gerade dadurch wirkte damals die physikalische Gesellschaft so anregend und fruchtbringend, dass sie auch die der Physik benach-

barten Gebiete der Naturwissenschaften in den Bereich ihrer Erörterungen zog.

In dem kleinen Kreise, der ursprünglich die physikalische Gesellschaft bildete, und den Charakter einer freundschaftlichen Vereinigung trug, war es Sitte, dass jeder aus seinem Specialgebiete die Resultate seiner Arbeit mittheilte. So trug Herr Ewald am 7. März 1845 vor: „über Gletscherbewegung im Anschluss an die erschienenen Publicationen“, in derselben Sitzung, in welcher Hr. E. du Bois-Reymond „über thierische Elektricität“ und Hr. Knoblauch „über strahlende Wärme“ sprachen, und auch in späteren Jahren betheiligte er sich in derselben Weise an den Arbeiten der Gesellschaft wie sein Vortrag: „über den Zusammenhang zwischen den krystallographischen und optischen Eigenschaften der optisch zweiachsigen Krystalle“ darthut. Die späteren Arbeiten (Ueber die Grenze zwischen Neocomien und Gault, Studien am nördlichen Harzrand etc.) lagen ganz auf dem Gebiete der Geognosie.

Inzwischen hatte sich die kleinere Vereinigung zu einer bekannten wissenschaftlichen Gesellschaft erweitert, der der grössere Theil der Physiker Deutschlands angehört hat oder noch angehört. Die Grundlage für dies Gedeihen der Gesellschaft ist durch die älteren Mitglieder gelegt, die ihr auch die Richtung ihrer Entwicklung gaben. Stets wird die Gesellschaft dieses Zusammenhanges eingedenk sein, derer nicht vergessen, die ihr in treuer Anhänglichkeit nahe gestanden haben, und denen ihre Dankbarkeit bewahren, die bei dem ersten Aufbau thätige Hilfe leisteten.

Zu Ehren des Verstorbenen erhoben sich sodann die Anwesenden.

Hr. **E. Budde** gab dann ein Referat über die Arbeiten des letzten Jahrzehnts, welche sich mit der

Theorie der übersättigten Lösungen

befassen; die Mittheilung wird in der „Naturwissenschaftlichen Rundschau" erscheinen.

Hr. **F. Paschen** (a. G.) führte darauf

ein Experiment zur Demonstration der Gravitation,

mit dem von Hrn. C. V. Boys angegebenen Apparat vor. Die dabei gegebenen Erläuterungen waren den betreffenden Abhandlungen von Hrn. Boys (Proc. Roy. Soc., Vol. 46, p. 253 und Nature 1889, Dec. 1889) entnommen.

Geschenke.

J. G. Mac Gregor. On the relative bulk of aqueous solutions of certain hydroxides and their constituent water. S.-A. Trans. Nova-Scotian Inst. Vol. VII, Part 4, 1889—90.

Nederlandsch Meteorologisch Jaarbock voor 1890. Uitgegeven door het koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Institut. 42. Jaarg. Utrecht J. van Boekhaven 1891.

K. Ångström. L'intensité de la radiation des gaz sous l'influence de la décharge électrique. S.-A. Oversigt af Kongl. Vetenskaps Förhandl. 1891. Nr. 6.

Stockholms Högskolas Fysiska Institut under dess sex första År. Stockholm 1891.

A. Brotz. Die Witterung und Fruchtbarkeit der einzelnen Jahre oder: Die erste theoretisch-praktische Meteorologie. Selbstverlag. 1887.

L. Krehl. Beiträge zur Kenntnis der Füllung und Entleerung des Herzens. Aus: Abhandl. der mathemat.-phys. Klasse der Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XVII., Nr. V. Leipzig 1891.

Beobachtungen der russischen Polarstation auf Nowaja Semlja. I. Theil. Magnetische Beobachtungen, bearbeitet von K. Andrejeff. Herausgegeben unter Redaction von R. Lenz. Expedition der Kaiserlich-Russischen Geographischen Gesellschaft. 1891.

Anuario del observatorio astronómico nacional de Tacubaja para el año de 1892. Formado bajo la direccion del Ingeniero ANGEL ANGUIANO. Año XII. México. 1891.

W. LEVIN. Bericht über die begründende Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichtes in der Mathematik und in den Naturwissenschaften in Braunschweig am 3. und 6. October 1891. S.-A. Pädagogisches Archiv. 1891.

S. P. LANGLEY. Recherches expérimentales aérodynamiques et données d'expérience. S.-A. C. R. t. CXIII. 13 juin 1891.

K. WESENDONCK. Ueber die Erregung von Elektricität durch Reibung von Gasen an Metallen. Naturw. Rundschau VI. Jahrg. No. 36.

Nachträglich eingegangene Referate.

1. Zur **Sitzung vom 29. Mai d. J., Nr. 9** (siehe S. 68).

Hr. **B. Weinstein:**

Ueber das Verhältnis des Kilogramms zu seinem Definitionsbetrag.

Während bei der einen der beiden metrischen Einheiten, bei dem Meter, über das Verhältnis derselben zu ihrem Definitionsbetrage bereits seit den Untersuchungen Bessel's über die Dimensionen der Erde genügende Klarheit herrscht, ist über das Kilogramm in dieser Hinsicht ein unzweifelhaftes Ergebnis noch nicht erlangt worden. Untersuchungen liegen bereits vor aus England, Oesterreich, Schweden und Russland. Neuerdings konnten auch aus gewissen Ergebnissen einer Reihe auf anderen Gebieten ausgeführter Arbeiten, welche auf der Normal-Aichungs-Kommission vorgenommen sind, Schlüsse gezogen werden. Die bei den verschiedenen Untersuchungen befolgten Methoden stimmen im Prinzip mit derjenigen Methode überein, welche bei der ursprünglichen Konstruction des Kilogramms durch Lefèvre-Gineau zur Anwendung kam. Von einem möglichst regelmässig gestalteten Körper wird das Volumen durch lineare Messungen bestimmt und dann wird dieser Körper in Wasser gewogen. Auf der Normal-Aichungs-Kommission haben die Spindeln von 6 Aräometern als solche Körper gedient; die Wasserwägung geschah dann nicht allein für die ganzen Spindeln sondern auch für einzelne Theile derselben, bei jeder im Durchschnitt für 4 Theile. Beschrieben sind die sämmtlichen Untersuchungen in einer Publi-

cation der genannten Behörde „Metronomische Beiträge Nr. 8, Ueber die Bestimmung von Aräometern, Berlin 1891, J. Springer“, auf welche verwiesen wird. Stellt man die Ergebnisse aller anderweitig für das Verhältniss des Kilogramms zu seinem Definitionwerth (als Masse eines Kubikdezimeters reinen Wassers grösster Dichte unter normalen Verhältnissen) angestellten Untersuchungen mit den auf der Normal-Aichungs-Kommission erlangten zusammen, so haben wir Folgendes:

Nach	Lefèvre-Gineau	ist das Kilogr. gleich dem Definitionsbetrag,	
-	Shuckburgh u. Kater	- - - um 480 mg	zu klein,
-	Berzelius, Svanberg und Ackermann	- - - - 296 -	- -
-	Stampfer	- - - - 347 -	- gross,
-	Kupfer	- - - - 11 -	- -
-	Normal-Aichungs-Kommission	- - - - 200 -	- -

Im Mittel würde hiernach das Kilogramm, wie dasselbe praktisch im Platinkilogramm der Archive (Kilogramme des archives) durch die Arbeiten der Kommission der französischen Akademie bei Herstellung des metrischen Maasssystems seine Verkörperung gefunden hat, etwa um 36 mg zu klein ausgeführt sein. Wahrscheinlich entspricht dasselbe also seinem Definitionsbetrag bis auf $^1/_{30000}$ seines Werths. Indessen hat dieser Definitionsbetrag für Massenbestimmungen nur mehr theoretisches Interesse, hier ist die Einheit das praktisch ausgeführte Kilogramm. Wenn es sich aber um Raumbestimmungen handelt, muss einstweilen noch scharf unterschieden werden, ob solche durch directe lineare Ausmessungen geschehen oder durch hydrostatische Wägung. Das Liter weicht von dem Kubikdezimeter in derselben Art ab wie das Kilogramm von seinem Definitionsbetrag. Es wird sich darum empfehlen bei allen Raumbestimmungen anzugeben ob dieselben in Litern oder Kubikdezimetern ausgedrückt sind.

2. Zur **Sitzung vom 12. Juni d. J., Nr. 10** (siehe S. 71).

Hr. **K. Feussner:**

Ueber den Leitungswiderstand der Legirungen von Nickel und Kupfer.

In weiterem Verlauf der Untersuchungen von Metalllegirungen für Normalwiderstände, über welche ich der Physikalischen Gesellschaft bereits vor einiger Zeit berichtete, habe ich eine Reihe von dreizehn Legirungen von Nickel mit Kupfer untersucht. Es wurde die Abhängigkeit des spezifischen Widerstands und des Temperaturkoeffizienten von dem Gehalte von Nickel und Kupfer festgestellt. Das Messing- und Nickelwerk von Basse & Selve in Altena in Westf. hatte die Zuvorkommenheit die erforderlichen Legirungen speziell für diesen Zweck in vorzüglicher Beschaffenheit herzustellen. Die chemische Analyse derselben, welche in den Spalten 2 bis 5 der beistehenden Tabelle angegeben ist, wurde in dem chemischen Laboratorium der Phys. Techn. Reichsanstalt von den HHrn. Mylius, Förster und Fromm ausgeführt. Die folgenden Spalten enthalten das Ergebnis der elektrischen Untersuchung. Bei dieser wurde in der folgenden Weise verfahren. Zunächst wurde ein Stück des zu untersuchenden Drahtes von einem bis zwei Meter Länge an beiden Enden an Kupferstückchen angelötet und darauf Länge und Querschnitt des Drahtes bestimmt. Die Länge konnte leicht bis auf ein Zehntausendstel genau gemessen werden. Dagegen können in der Bestimmung des Querschnitts Fehler bis zu einem Prozent vorgekommen sein, weil für diese Messung nur ein gewöhnliches Schraubenmikrometer zur Verfügung stand. Der Durchmesser, welcher bei den meisten Sorten nahe 0,5 mm, bei einigen nahe 1,0 mm betrug, wurde am Anfang und am Ende des Drahtes in zwei um 90° verschiedenen Richtungen gemessen, und aus den erhaltenen Zahlen das Mittel genommen. Dann wurden die Drähte zu bifilaren Spiralen aufgewickelt. Die Berührung der einzelnen Windungen unter einander wurde entweder durch eine dem Draht vorhergegebene Seidenbespinnung oder durch eingeflochtene Seidenschnüre oder durch einen mit Einschnitten versehenen Glimmerstreifen verhindert. Die letztere Form hat sich für feinere Drähte gut

bewährt, weil der Draht hier durch den Glimmer vollständig gehalten ist, sodass nach dem Wickeln nicht leicht weitere Verbiegungen vorkommen können, und auch die kupfernen Kontaktstückchen an den Enden fast auf das Glimmerblatt aufgeschraubt werden können. Nach dem Wickeln wurde zunächst eine vorläufige Widerstandsmessung gemacht, darauf der Draht 24 Stunden lang in einem Trockenschranke auf ca. 120 Grad erhitzt und schliesslich die endgültigen Widerstandsmessungen bei verschiedenen Temperaturen zwischen 0 und 100 Grad vorgenommen. Die Drähte befanden sich hierbei in Erdölbädern, welche durch kleine, von einem Elektromotor getriebene Flügelschrauben in Bewegung gesetzte und durch elektrischen Strom annähernd auf konstanter Temperatur verschiedener Höhe gehalten wurden.

Die Messung des Widerstands geschah nach dem WHEATSTONE-schen Verfahren. Der zu messende Draht war mit einem Normalwiderstand von 0,5, 1 oder 5 Ohm hintereinander geschaltet und als Nebenschliessung dazu ein Stöpselrheostat angelegt, welcher von 100 bis 0,1 Ohm reichte. Der erste Widerstand dieses Satzes bildete den dritten, eine wechselnde Anzahl der übrigen den vierten Zweig der WHEATSTONE'schen Kombination. Anfangs wurde aus den Ausschlägen des Galvanometers bei zwei um 0,1 Ohm verschiedenen Werthen des vierten Zweiges der genaue Betrag des Widerstandes interpolirt. Da jedoch Aenderungen der Thermoelektromotorischen Kräfte bei dem Ziehen der Stöpsel eintraten und eine vollständige Nullmethode überhaupt genauere Resultate liefert als eine mit Interpolation verbundene, wurde später noch ein bis 40 000 Ohm reichender Widerstandssatz als Nebenschluss zu dem Normalwiderstand angelegt und hiermit so lange regulirt bis das Galvanometer bei dem Oeffnen und Schliessen der Batterieleitung völlig unbeweglich blieb. Die Zuleitungen zu dem Probedraht bestanden aus Kupferband von je 45 cm Länge bei 0,5 qcm Querschnitt und war mit einer abwärtsgebogenen Schleife durch ein auf Zimmertemperatur befindliches Erdölbad hindurchgeführt, um die Ueberleitung der Wärme auf die übrigen Widerstände möglichst zu verhindern. Die Temperatur der Vergleichswiderstände wurde

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Material	Analyse				Spez. Widerstand σ bei 0 Grad in Mikrohm-cm	$\frac{\Delta\sigma}{\Delta Ni}$	Temperaturkoeffizient $\alpha.10^5$	$\frac{\Delta\alpha}{\Delta Ni}$	Bemerkungen
	%Ni	Cu	Mn	Fe					
Kupfer	—	(100)	—	—	1,53		+377		Weicher Kupferdraht von Hesse, Söhne in Heidenheim. Nicht analysirt.
						1,29		33,0	
Nickelkupfer A	10,04	89,85	Sp.	0,15	14,6		+49		Von Basse & Salve in Altena.
						1,17		3,0	
- B	16,01	83,97	Sp.	0,18	21,6		+31		
						1,19		1,0	
- C	20,04	79,76	Sp.	0,13	26,4		+27		
						1,21		1,5	
Patentnickel	24,07	74,92	0,02 Zn 0,70	0,58	31,3		+21		
						1,21		1,54	
Nickelkupfer D	29,94	69,68	0,36	0,36	38,4		+12		
						1,03		1,34	
- E	41,25	58,61	0,70	0,37	50,0		—3,2		
						0,44		0,97	
- F	46,18	54,05	—	0,32	52,2		—8,0		
						—		—	
- G	49,36	49,76	0,33	0,54	51,7		+4		
						—		—	
- H	50,84	48,66	0,65	0,38	51,7		+5,5		
						—		—	
- I	56,37	43,96	Sp.	0,34	52,5		+15		
						—		—	
- K	62,02	38,44	Sp.	0,34	51,5		+16		
						—		—	
- L	89,46	7,95	1,40	1,19	19,0		+300		
						—		—	
- M	93,66	3,86	1,45	1,03	16,6		+290		
						—		—	
Nickel	(100)	—	—	—	12,3		+347		Sog. Reinnickeldraht von Basse & Salve. Nicht analysirt.

übrigens jedesmal gemessen und nebst dem Widerstand der Zuleitungen als Korrektion in Rechnung gezogen.

In der Tabelle ist in Spalte 6 der spezifische Widerstand und in der $\Delta\sigma/\Delta$Ni überschriebenen Spalte 7 die jedesmalige Aenderungsgeschwindigkeit desselben mit dem Nickelgehalt für die erste Hälfte der Reihe angegeben. Bis zu 40% Nickel ist die Zunahme des spezifischen Widerstands, wie man sieht, der des Nickels sehr nahe proportional, von 46 bis 56% Nickel hält derselbe sich nahe bei seinem Höchstwerth 52 und fällt dann in noch nicht genau festgestelltem Verlauf zu dem Widerstand des reinen Nickels ab. Der Temperaturkoeffizient der Legirungen ist in Spalte 8 in Einheiten der 5ten Dezimale, und in Spalte 9 für die erste Hälfte der Reihe die daraus berechnete jedesmalige Aenderungsgeschwindigkeit dieser Grösse mit dem Nickelgehalt angegeben. Im Allgemeinen sehen wir die bekannte Regel bestätigt, dass die Legirungen mit grossem spezifischen Widerstand einen kleinen Temperaturkoeffizient besitzen. Das Maximum des spezifischen Widerstandes fällt auch annähernd mit einem Minimum beziehungsweise negativem Maximum des Temperaturkoeffizienten zusammen. Doch dass diese Erscheinung auch nicht annähernd als eine umgekehrte Proportionalität angesehen werden darf, geht hier sehr augenscheinlich aus dem Umstand hervor, dass während von 0% bis 40% Nickel der spezifische Widerstand dem Nickelgehalt proportional zunimmt, der Temperaturkoeffizient in dem ersten Theil dieses Intervalls im Mittel eine 20 mal so schnelle Abnahme als in dem ferneren Verlauf zeigt. Von 16% bis 40% Nickel ist dieselbe der Zunahme des Nickels proportional. Die angegebenen Werthe der Temperaturkoeffizienten beziehen sich auf das Temperaturintervall von 17° bis 40° oder 50°, für höhere Temperaturen sind dieselben meist etwas kleiner, für niedrigere etwas grösser. Genauere Angaben über diesen Punkt hoffe ich später einmal geben zu können, wenn die Beobachtungen nach dieser Richtung hin weiter ausgedehnt sein werden.

Für die Bestimmung der Abhängigkeit der elektrischen Eigenschaften der Legirungen von der Zusammensetzung konnten die Beobachtungen nur Material herbei bringen, dagegen dürfte das Ergebnis derselben für die praktische Herstellung elektrischer Appa-

rate ein weitergehendes sein. Die Legirungen mit dem Temperaturkoeffizient Null sind für Messwiderstände jeder Art von erheblicher Bedeutung. Bei den Manganlegirungen kommen, wie früher mitgetheilt wurde, auch Legirungen mit sehr kleinem Temperaturkoeffizient vor. Doch ist bei diesen der Koeffizient wieder mit der Temperatur merklich veränderlich und die leichte Oxydirbarkeit des Mangans in der Wärme mit dem dabei sich bildenden Ueberzug von unlegirtem Kupfer erschwert die Herstellung feiner Drahtsorten ausserordentlich und macht eine vorsichtige Behandlung der Widerstände bei dem Gebrauche erforderlich. Dagegen stellt das Nickelkupfer mit hohem Nickelgehalt ein gegen Oxydation besonders widerstandsfähiges Material dar und die Veränderlichkeit des Temperaturkoeffizienten mit der Temperatur ist so klein, dass sie vernachlässigt werden darf. Diese Eigenschaften haben die Firma Basse und Selve veranlasst, die Herstellung des Nickelkupfers mit dem Temperaturkoeffizienten Null speziell für die Verwendung zu elektrischen Widerständen in grösserem Massstab in die Hand zu nehmen. Wegen der Konstanz des spezifischen Widerstands haben sie demselben die Bezeichnung „Konstanten“ gegeben.

Die Anwendung desselben wird sich nicht allein auf die seither üblichen Messapparate als Normalwiderstände, Rheostaten, Messbrücken u. A. erstrecken, es wird mit Hülfe desselben auch möglich sein Apparate, welche grössere Mengen elektrischer Energie umzuwandeln haben, wie z. B. die Belastungswiderstände für Maschinen und Batterien so herzustellen, dass sie gleichzeitig auch als Messapparate dienen können. Damit wird es möglich auch auf starke Ströme dieselben Messverfahren anzuwenden, welche seither nur für schwache Ströme in Gebrauch waren.

Geschenke.

H. von Helmholtz. Kürzeste Linien im Farbensystem. S.-A. Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 17. Dec. 1891.

C. Fliedner. Aufgaben aus der Physik. 7. Aufl. Herausgeg. von G. Krebs. Braunschweig 1891, F. Vieweg & Sohn.

C. Fliedner. Auflösungen zu den Aufgaben aus der Physik. 7. Aufl. Herausgeg. von G. Krebs. Braunschweig 1891, F. Vieweg & Sohn.

H. von Helmholtz. Versuch das psychophysische Gesetz auf die Farbenunterschiede trichromatischer Augen anzuwenden. Sep.-A. Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane, Bd. III. 1891.

H. Jahn. Die Grundsätze der Thermochemie und ihre Bedeutung für die theoretische Chemie. 2. Aufl. Wien 1892. A. Hölder.

L. Kronecker. Die Clausius'schen Coordinaten. Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 30. Juli 1891.

F. Schiffner. Die photographische Messkunst oder Photometrie, Bildmesskunst, Phototopographie. Halle a. S. 1892. W. Knapp.

E. Budde. Ueber den todten Raum der Chloral-Soda-Reaction. Nach Versuchen von E. Budde u. F. Neesen. S.-A. Zeitschr. f. physikal. Chemie, VII. 1891 (2 Ex.).

E. Riecke u. W. Voigt. Die piëzoëlectrischen Constanten des Quarzes und Turmalins. Sep.-A. Göttinger Nachr. 1891, No. 8.

L. Kronecker. Ueber eine Stelle in Jacobi's Aufsatz „Observatiunculae ad theoriam aequationum pertinentes". — Sophie von Kowalevsky. — Ueber die Zeit und die Art der Entstehung der Jacobi'schen Thetaformeln. — Eine analytisch-arithmetische Formel. S.-A. Journ. f. r. u. ang. Mathematik, Bd. 107, 1891.

L. Kronecker. Summirung der Gauss'schen Reihen

$$\sum_{h=0}^{h=n-1} e^{\frac{2h^2\pi i}{n}}.$$

— Bemerkungen über die Darstellung von Reihen durch Integrale. — Bemerkungen über die von Gauss mit $[x]$ bezeichnete arithmetische Function einer reellen Grösse $\varkappa$. — Reduction der Systeme von n^2 ganzzahligen Elementen. — Anwendung der Modulsysteme auf Fragen der Determinantentheorie. S.-A. Journ. f. reine u. angew. Math., Bd. 105, 1891.

Elenco delle Pubblicazioni Periodici italiane ricevute della Biblioteca nel 1891. Biblioteca Nazionale Centrale di Firenza, 1891.

A. König. Ueber den Helligkeitswerth der Spektralfarben bei verschiedener absoluter Intensität (nach gemeinsam mit R. Ritter ausgeführten Versuchen). Hamburg u. Leipzig, 1891. L. Voss.

K. Wesendonck. Ueber die Erregung von Elektricität bei der Reibung von Kohlensäure an Metall. Naturw. Wochenschau, VIII. Jahrg. 1892, No. 3 (2 Ex.).

Mitgliederliste.

Im Jahre 1891 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:
Prof. Dr. ADAMI, Dr. H. BORCK, Dr. W. BRIX, jun., Dr. M. BUSOLT, Dr. A. FRANKE, Dr. K. HOLLEFREUND, Dr. M. KOPPE, Prof. Dr. H. A. LORENTZ, Dr. ERNST MEYER, Prof. Dr. W. NERNST, Dr. V. SCHEMMEL, Dr. E. RICHTER, Dr. SELL, Dr. TEGETMEIER, Dr. THEURER, Dr. B. v. TIETZEN-HENNIG.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. A. RÖBER, Dr. J. W. EWALD und Prof. Dr. L. KRONECKER.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren:
Dr. C. DEITE und Dr. P. STÄCKEL.

Am Ende des Jahres 1891 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. ADAMI in Bayreuth.
— Dr. P. ANDRIES*), SW., Oranienstrasse 123.
— Prof. K. ÅNGSTRÖM in Stockholm, Stockholm's Högskola.
— Prof. Dr. H. ARON, W., Bülowstrasse 107.
— Dr. L. ARONS, NW., Kronprinzenufer 8.
— ARTOPE in Elberfeld.
— Dr. R. ASSMANN, NW., Thurmstrasse 28.
— Dr. E. VAN AUBEL in Brüssel, Rue royal 3.
— Prof. Dr. F. AUGUST, W., Schillstrasse 12.

Hr. Prof. Dr. A. AUWERS, SW., Lindenstrasse 91.
— Prof. Dr. AVENARIUS in Kiew.
— O. BASCHIN, N., Swinemünderstrasse 1.
— Dr. BECKER in Darmstadt.
— P. BENOIT, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. BERBERICH, SW., Lindenstrasse 91.
— Dr. A. BERLINER in Charlottenburg, Knesebeckstrasse 3.
— Dr. G. BERTHOLD in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. BEZOLD, W., Lützowstrasse 72.
— A. BLÜMEL, SO., Melchiorstr. 22.

*) Berlin ist im Verzeichnisse weggelassen.

Hr. Dr. H. Borck in Friedenau, Handjerystrasse 47.
— Prof. Dr. R. Börnstein, W., Landgrafenstrasse 16.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 13.
— Dr. H. E. J. G. du Bois, NW., Mittelstrasse 48.
— A. du Bois-Reymond in Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 42.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in München.
— Prof. Dr. F. Braun in Tübingen.
— Prof. Dr. A. Brill in Darmstadt.
— Dr. W. Brix in Charlottenburg, Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.
— Dr. E. Brodhun in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 66.
— Prof. Dr. E. v. Brücke in Wien.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. H. Bruns in Leipzig.
— Dr. E. Budde, NW., Lessingstrasse 18.
— F. Burckhardt in Basel.
— Dr. M. Busolt, W., Steglitzerstrasse 55.
— Dr. F. Caspary, NW., Invalidenstrasse 123.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg.
— Dr. Dehms in Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici in Breslau.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Göttingen.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 39.
— Dr. A. Ebeling, W., Derfflingerstrasse 28.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, S., Brandenburgstrasse 73.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Dr. M. Eschenhagen in Potsdam, Magnetisches Observatorium.
Hr. Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. K. Feussner in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. A. Franke, NW., Cuxhavenerstrasse 3.
— Prof. Dr. R. Franz, C., Alexanderstrasse 41.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Dr. O. Frölich, Westend bei Berlin, Kastanien-Allee 2.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess, SW., Alte Jacobstrasse 108/109.
— Prof. Dr. J. Gad, SW., Grossbeerenstrasse 67.
— Dr. H. Gerstmann, SW., Schöneberger Ufer 17.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstrasse 80.
— Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, W., Königgrätzerstrasse 92.
— Dr. L. Grätz in München, Arcisstrasse 33.
— Dr. Th. Gross, W., Winterfeldstrasse 30a.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Dr. L. Grunmach, W., Schellingstrasse 5.
— Dr. G. Gruss in Prag.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich in Charlottenburg, Grolmanstrasse 11.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstrasse 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Eisenacherstrasse 11.
— Prof. Dr. E. Hagen in Kiel.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff in Basel.

Hr. Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenstrasse 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königsberg i. Pr.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 4.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. H. v. Helmholtz, Charlottenburg, Marchstr. 25b.
— Dr. A. Hempel, W., Bülowstrasse 72.
— Dr. K. Hensel, NW., Klopstockstrasse 39.
— Prof. Dr. H. Hertz in Bonn.
— Dr. A. Heydweiller in Würzburg.
— Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstrasse 9.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Kleinbeerenstrasse 28.
— Dr. K. Hollefreund, S., Luisenufer 23.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 65.
— Dr. F. Jagor, SW., Enke-Platz 4.
— Dr. H. Jahn, NW., Hindersinstrasse 1.
— Dr. S. Kalischer, W., Lutherstrasse 51.
— Prof. Dr. G. Karsten in Kiel.
— Prof. Dr. H. Kayser in Hannover.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling in Hamburg.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. H. Knoblauch in Halle.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.

Hr. Prof. Dr. W. König in Leipzig, Sidonienstrasse 52.
— Dr. M. Koppe, NO., Strausbergerstrasse 7a.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, S., Annenstr. 1.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 34.
— Dr. D. Kreichgauer in Charlottenburg, Marchstrasse 25a.
— Dr. V. Kremser in Friedrichshagen.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Sigismundstrasse 3.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Prof. Dr. A. Kundt, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. G. Lachmann, SW., Puttkammerstrasse 10.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Kleiststrasse 5.
— Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Prof. Dr. A. Leman in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 66.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Prof. Dr. Lieberkühn in Marburg.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, W., Margarethenstrasse 7.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Göthestrasse 66.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. C. Ludwig in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Lommel in München Hessstrasse.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz in Leyden.

Hr. Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 4.
— Dr. R. Löpke, N., Invalidenstrasse 114.
— Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 72.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Möckernstrasse 121.
— Dr. G. Meyer in Freiburg i. B.
— Dr. H. Meyer in Göttingen.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, W., Kurfürstenstrasse 101.
— Dr. C. Michaelis in Potsdam.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststrasse 18/19.
— Dr. James Moser in Wien.
— Prof. Dr. F. Müller, NW., Birkenstrasse 3.
— Dr. R. Müller, SW., Solmsstrasse 48.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold in Charlottenburg, Knesebeckstrasse 91.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst in Göttingen.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen in Dorpat.
— Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet in Zürich-Hottingen, Minervastrasse.
— Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenickerstrasse 22a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Innsbruck.
— Dr. J. Picker in Gross-Lichterfelde, Zehlendorferstr. 41-44.
— Prof. Raoul Pictet, C., Neue Promenade 3.

Hr. Prof. Dr. M. Planck, W., Eisenacherstrasse 5.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen.
— Dr. F. Poske, SW., Hallesche Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer, W., Nollendorfplatz 1.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Kronprinzenufer 25.
— Prof. Dr. N. Pringsheim, W., Königin Augusta-Strasse 49.
— Dr. K. Prytz in Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. R. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, NW., Neue Wilhelmstrasse 16a.
— Prof. Dr. Recknagel in Kaiserslautern.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Berlinerstrasse 90.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Dr. F. Richarz in Endenich, bei Bonn.
— Dr. E. Richter, O., Andreasplatz 5.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3a.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Dr. H. Rubens, W., Bellevuestrasse 15.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7e.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg i. Pr.
— Dr. P. Schafheitlin in Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel in Charlottenburg, Berlinerstrasse 115.
— Dr. J. Scheiner in Potsdam,